

Impulspapier der Task Force CO₂

Mitunterzeichnende Unternehmen und Partner

 <p>BRUNSBÜTTEL PORTS more than moving</p>	 <p>DACMA engineering and building DAC machines</p>	 <p>eew Energy from Waste</p>
	 <p>EVOS Let's evolve together</p>	 <p>H&R</p>
 <p>HAW HAMBURG CC4E</p>	 <p>HOLCIM</p>	 <p>HPA Hamburg Port Authority</p>
 <p>INDAVER</p>	 <p>LOTHER GRUPPE</p>	 <p>M A B A N A F T</p>
	 <p>STADTREINIGUNG.HAMBURG</p>	

Alphabetisch nach Unternehmensname:

- Brunsbüttel Ports GmbH
- DACMA GmbH
- EEW Energy from Waste GmbH
- E.ON Energy Projects GmbH
- EVOS Hamburg GmbH
- H&R Produktionsstandort Hamburg (H&R Ölwerke Schindler GmbH)
- HAW Hamburg CC4E (Competence Center für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz)
- Holcim (Deutschland) GmbH
- HPA Hamburg Port Authority AöR
- Indaver Holding nv
- Lothar GmbH
- Mabanft GmbH & Co. KG
- Stadtreinigung Hamburg AöR

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	1
Präambel	3
1.) Kernforderungen für ein Carbon Management	4
2.) Von der Carbon Management Strategie zur lokalen Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft	6
2.1. Unterscheidung der CO ₂ -Arten: biogen, fossil, atmosphärisch, vermeidbar, unvermeidbar	6
2.2. Chancen und Herausforderungen im Umgang mit CO ₂	7
2.2.1 Herausforderungen	7
2.2.2 Schwer- und unvermeidbare Emissionen	8
2.3. Spezifische Herausforderungen für die einzelnen Branchen.....	10
2.4 Chancen - Weitergehende Nutzungsmöglichkeiten von CO ₂	11
3.) Mengengerüste CO ₂ heute und in der Zukunft	13
4.) Aktueller Stand CO ₂ Netze / CO ₂ Infrastrukturen in Häfen und Pipelines	14
4.1 Pipelines.....	14
4.2 Häfen als bedeutender Teil der CO ₂ -Transportinfrastruktur (CO ₂ -Hubs)	16
5.) Aktueller Stand bei Pilotprojekten und Technologieentwicklung	17
6.) Maßnahmen und Empfehlungen zu CCS/CCU	19
Mitwirkende und Autoren	21

Executive Summary

Mit ihren Unternehmen aus der Grundstoffindustrie (u.a. Chemieindustrie, Kalk- und Zementproduktion, Metallindustrie: insbesondere Stahl-, Kupfer- und Aluminiumproduktion), den Raffinerien sowie der Abfallwirtschaft besitzt die Metropolregion Hamburg spezifische Herausforderungen im Carbon Management von schwer- und unvermeidbaren CO₂-Emissionen. Auf der anderen Seite bieten sich mit diesen Industrien, als Wissenschaftsstandort und mit ausgeprägten Logistik- und Hafenanbindungen (Brunsbüttel Ports und Hamburger Hafen) für die Region auch ideale Voraussetzungen und erhebliche Potentiale, um ein Vorreiter im Umgang mit CO₂ zu werden.

Das vorliegende Impulspapier beleuchtet diese Chancen und Herausforderungen für die Metropolregion Hamburg auf dem Weg zur Klimaneutralität mit einem Fokus auf CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) sowie CO₂-Abscheidung und -Nutzung (CCU) und leitet daraus fünf Kernforderungen ab. Anlass des Impulspapiers sind zum einen die „Eckpunkte der Bundesregierung für eine Carbon Management Strategie“ (Februar 2024). In diesen wird die Notwendigkeit anerkannt, zur Erreichung der Klimaziele neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien und der Defossilisierung der Industrie auch CCS/CCU zu ermöglichen, insbesondere für schwer- und unvermeidbare CO₂-Emissionen. Zum anderen sind es die Chancen, die CCS/CCU bzw. die Rückführung und Nutzung von CO₂ als Rohstoff nach Meinung der Verfasserinnen für die Metropolregion bieten: Diese Verfahren können die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen reduzieren, eine nachhaltige Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft fördern, Rohstoffabhängigkeiten mindern, Innovationen anregen, regionale Wertschöpfungsketten stärken und Beschäftigungswachstum erzeugen. Zudem kann ein Industriezweig entstehen, der sich darauf spezialisiert, zusätzlichen Kohlenstoff aus der Atmosphäre zu entfernen, um so für das Erreichen der Klimaziele unerlässliche Negativemissionen zu erzeugen. Ein gezieltes Carbon Management, inklusive der Realisierung von „CO₂-Hubs“ und einer intelligenten Vernetzung von Grünstrom-, Wärme-, Wasserstoff- und CO₂-Infrastrukturen, kann die Metropolregion Hamburg nicht nur bei der Erreichung der Klimaziele unterstützen, sondern auch zu einem Innovator und Schlüsselakteur im Bereich CCS/CCU aufsteigen lassen.

Das Impulspapier der Task Force CO₂, organisiert durch das Cluster Erneuerbare Energien Hamburg (EEHH) und bestehend aus lokalen Stakeholdern der CO₂-Wertschöpfungskette (CO₂-Emittenten, -Logistikern, -Nutzern und der Wissenschaft), identifiziert die folgenden fünf Kernforderungen. Diese zielen auf eine beschleunigte Umsetzung von Emissionsminderungen in der Industrie, eine Senkung der Gesamtsystemkosten eines transformierten, klimaneutralen Wirtschaftssystems sowie auf ein systematisches Carbon Management in der Metropolregion Hamburg ab:

1. Kurzfristige Durchführung einer Studie zu verbleibenden CO₂-Restemissionen, CO₂-Nutzungspfaden und CO₂-Bedarfen sowie einer techno-ökonomischen CO₂-Wertschöpfungskettenanalyse.
2. In Folge: Erstellung eines Carbon-Management-Maßnahmenplans für Hamburg, der CCS/CCU im Kontext des Hamburger Klimaplanes einordnet und priorisiert.

3. Förderung von CCS/CCU-Pilotprojekten und F&E-Maßnahmen, beginnend mit First Mover Projekten unter Beteiligung öffentlicher bzw. geeigneter privater Unternehmen, um die Machbarkeit zu demonstrieren und private Investitionen anzureizen.
4. Frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit und aller relevanten Stakeholder, um Wissen zu vermitteln und Akzeptanz für CCS/CCU zu schaffen.
5. Schaffung einer klaren und verbindlichen Regulatorik und Abbau bürokratischer Hürden. Dies umfasst die Definition nutzbarer CO₂-Quellen und die Anpassung der Anrechenbarkeit und Nachweispflichten (Details s. Seite 19).

Basis dieser Forderungen sind eine sichere und bezahlbare Energie- und Rohstoffversorgung für alle Projekte entlang der Wertschöpfungsketten.

Abscheidung und Nutzung von CO₂ sollten dort erfolgen, wo es sich um schwer- oder unvermeidbare Emissionen handelt und die Speicherung und/oder Nutzung nachhaltig sowie kosteneffizient gestaltet werden kann. Niedrigere spezifische Kosten der Abscheidung aus Punktquellen, im Vergleich zum Direct Air Capture (DAC), sind hierbei besonders hervorzuheben.

Insgesamt betont das Impulspapier die Notwendigkeit einer frühzeitigen Erweiterung der Energieinfrastrukturplanung¹ in Bezug auf den Themenkomplex CCS/CCU, insbesondere hinsichtlich einer gemeinsamen Gestaltung potenzieller Pipelinenetzwerke für H₂ und CO₂, Flächenverfügbarkeiten, Verfahrensansätze sowie Energiemehrbedarfe, um Synergien zu erzielen und die Metropolregion Hamburg als Schlüsselakteur im CCS/CCU-Bereich zu etablieren. Bereits heute müssen die Häfen und weitere Hinterlandlogistikketten für CO₂ betrachtet werden. Diese werden vor allem in der Anfangszeit bis zur Fertigstellung der Pipelines eine immense Bedeutung aufweisen. Auch im späteren Verlauf wird es den Bedarf an Zubringerlösungen für die Pipelines, Häfen und Nutzer sowie Speicherlösungen vor Ort geben.

¹ Hierbei sind alle Energieinfrastrukturen (Strom, Wärme, Wasserstoff) gemeint

Präambel

Die Freie und Hansestadt Hamburg übernimmt Verantwortung beim Klimaschutz und hat mit dem Hamburger Klimaplan sowie dem Hamburgischen Klimaschutzgesetz die Weichen gestellt: Bis 2030 sollen die CO₂-Emissionen um 70 % sinken, im Jahr 2045 will Hamburg CO₂-neutral sein. Gleichzeitig hat die Metropolregion sehr gute Voraussetzungen, die Chancen der Energiewende zu nutzen und Vorreiter im Umgang mit CO₂ zu werden. Schon heute wird in Norddeutschland aufgrund des guten Windenergieausbaus mehr Strom erneuerbar hergestellt, als benötigt wird, so dass hier Strom mit einer geringen CO₂ Intensität produziert werden kann. Zudem bietet die Metropolregion mit den Häfen, Industriestandorten (Hamburg, Brunsbüttel, Stade etc.), Wissenschaftsstandorten und einer Wasserstoffwirtschaft im Hochlauf ein leistungsfähiges und innovatives Umfeld. Somit stellt sich Norddeutschland mit erneuerbarem Strom und erneuerbarem Wasserstoff als Vorreiterregion der Energiewende auf.

Übergeordnetes Ziel zur Erreichung der Klimaziele bleibt in erster Linie die direkte Vermeidung von CO₂-Emissionen durch den Ausbau erneuerbarer Energien sowie der Defossilisierung der Industrie. Jedoch wird es auch zukünftig Sektoren und Prozesse mit schwer- bzw. unvermeidbaren CO₂-Emissionen geben, wie z.B. in der Grundstoffindustrie, den Raffinerien und der Abfallwirtschaft (siehe Details S. 1). Für die entsprechenden Industrien und Sektoren müssen alternative Lösungen wie CCS und CCU² gefunden werden. Aufgrund des fortgeschrittenen Entwicklungsstands von CCS-Projekten wird CO₂ kurzfristig über dieses Verfahren abgeschieden und gespeichert werden. Parallel sollte CCU bereits heute fokussiert werden und der größtmögliche Anteil von CO₂ in einen Kreislauf gebracht werden. Stand heute muss CCU eine wichtigere Rolle einnehmen und CCS-Anwendungen vorgezogen werden, da CCU eine nachhaltige Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft ermöglicht, Rohstoffabhängigkeiten mindert, Innovationen und regionale Wertschöpfungsketten fördert und für ein Beschäftigungswachstum sorgt. Über CCS/CCU-Anwendungen für schwer- und unvermeidbare CO₂-Emissionen hinaus muss zusätzlich Kohlenstoff aus der Atmosphäre entnommen werden, um sogenannte „Negativemissionen“ zu erzeugen (durch BECCS und DAC³).

Die Partner der Task Force CO₂ des Clusters Erneuerbare Energien Hamburg bekennen sich dazu, aktiv an der Erreichung der Hamburger Klimaziele mitzuwirken. Die Task Force unterstützt, wie auch andere Verbände und Institutionen (u.a. DIHK⁴, VKU⁵, VDZ⁶, VCI⁷, ITAD⁸, VCI Nord, ChemCoast), ausdrücklich die Carbon Management-Strategie des BMWK und plädiert für eine Einbindung von CCS und CCU in die nationale Klimastrategie. Das vorliegende Impulspapier thematisiert die Komplexität des Zusammenspiels von Strom, Wärme, Wasserstoff und CO₂ in einem erneuerbaren Energiesystem der Zukunft und zeigt Chancen und Hürden auf dem Weg dorthin auf.

² CCS: Carbon Capture and Storage, CCU: Carbon Capture and Utilization

³ BECCS: Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung, DAC: Direct Air Capture

⁴ [DIHK hält CO₂-Speicherstrategie für ein gutes Signal](#)

⁵ [240321_VKU_SN_CMS-KSpTG_final.pdf](#)

⁶ [VDZ-Stellungnahme zum BMWK-Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes \(KSpG\) sowie zu den Eckpunkten der Carbon Management Strategie \(CMS\) \(vdz-online.de\)](#)

⁷ [VCI-eDokument](#)

⁸ [2024_03_21-itad-stellungnahme-cms-21-03-2024.pdf](#)

Die Task Force bündelt die Sichtweisen großer industrieller als auch gewerblicher und städtischer CO₂-Emittenten sowie der Wissenschaft und gibt eine Einschätzung zu einem notwendigen CO₂-Management in der Metropolregion Hamburg. Aus Sicht der beteiligten Partner ist es, auch vor dem Hintergrund der angestrebten CO₂-Neutralität im Jahr 2045, notwendig, die Themenfelder *Definition von CO₂*, *CO₂-Regulatorik*, *CCU/CCS* und Infrastrukturen bereits heute eingehender zu betrachten⁹.

Ziel der Task Force ist es, die Hamburger Behörden und Institutionen bei der Erstellung eines regionalen Carbon-Management-Vorgehens sowie der Umsetzung in die Praxis zu unterstützen. Alle relevanten Stakeholder sollten frühzeitig in den weiteren Diskurs eingebunden werden. Darüber hinaus soll mit der Task Force auch die überregionale Zusammenarbeit gestärkt werden, um den Umgang mit CO₂ in Abstimmung der fünf norddeutschen Bundesländer voranzutreiben.

1.) Kernforderungen für ein Carbon Management

Die in der Executive Summary aufgeführten fünf Kernforderungen für ein gezieltes Carbon Management in der Metropolregion Hamburg werden an dieser Stelle näher betrachtet:

1. Quantifizierung der verbleibenden Restemissionen und CO₂-Bedarfe & techno-ökonomische CO₂-Wertschöpfungskettensanalyse

Die Erstellung einer detaillierten Studie für die Freie und Hansestadt Hamburg zu heutigen und zukünftigen Mengen an schwer- und unvermeidbaren CO₂-Emissionen (sowie ihrer Entwicklung über die Zeit) und potenziellen industriellen CO₂-Nutzungsbedarfen (Marktanalyse) ist als Basis der weiteren Planungen notwendig. Benötigt werden auch die zukünftigen Bedarfe an Wasserstoff-Derivaten in Hamburg (bspw. Methanol oder SAF (Sustainable Aviation Fuels; synthetische Kraftstoffe, die in einer Verbindung von Wasserstoff und CO₂ mit weiteren Molekülen entstehen)) sowie eine Analyse der zu präferierenden Nutzungspfade für abgeschiedenes CO₂. Darüber hinaus ist eine Untersuchung der notwendigen Bedingungen hinsichtlich der Infrastrukturplanung vonnöten. Diese muss mit den über den Zeitverlauf ermittelten Mengengerüsten harmonisiert werden. Bereits erstellte Studien (bspw. HPA, Gasnetz Hamburg, etc.) sollten in die Betrachtung einfließen. Chancen für andere Sektoren und die Nutzung in anderen Wertschöpfungsketten sollten einbezogen werden. Eine gesamtsystemische Betrachtung ist notwendig, da die Nutzung von CO₂ Prozesse erfordert, die ihrerseits Energie benötigen und somit beispielsweise auf (grünen) Wasserstoff oder andere erneuerbare Energieträger in entsprechenden Mengen angewiesen sind. Fossile Brennstoffe können nur dann ersetzt werden, wenn grüner Wasserstoff oder andere erneuerbare Energiequellen in bedarfsgerechter Quantität und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen¹⁰. Somit sind die Mengen an Restemissionen und die Nutzung von CO₂ von anderen Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung abhängig,

⁹ Dabei ist den Verfassenden bewusst, dass gerade beim Thema Regulatorik für die Bundesländer Entscheidungen auf Bundes- und EU-Ebene bindend sind. Es gilt u.a. den europäischen Regelungsrahmen zu berücksichtigen (vgl. z. B. EU-net zero industrie act). Zudem gibt es teilweise Zielkonflikte mit Regulierungen aus dem Umweltrecht

¹⁰ Neben einer ausreichenden Menge grünen Stroms und dem Ausbau der Energieinfrastruktur ist die Industrie auf wettbewerbsfähige Strompreise angewiesen, damit die industrielle Wertschöpfung gesichert werden und die Wirtschaft ihren Weg in Richtung Transformation weiter vorangehen kann (VCI-Position Klimaschutzgesetzgebung: [Klimaschutzgesetzgebung | VCI](#))

die in die Planungen einzubeziehen sind. Je weniger grüner Wasserstoff kurz- bis mittelfristig zur Verfügung steht, desto mehr CO₂ Restemissionen könnten bspw. in den industriellen Prozessen der chemischen Industrie oder der Metallurgie verbleiben.

2. **Erstellung eines Carbon-Management-Maßnahmenplans und Einordnung und Priorisierung von CCS/CCU im Kontext des Klimaplan**

Die zweite Maßnahme sollte die Erstellung eines auf der Studie aus der ersten Kernforderung basierenden Carbon-Management-Maßnahmenplans für die Metropolregion Hamburg mit einer klaren Einordnung und Priorisierung von CCS/CCU im Kontext des Klimaplan und einer detaillierten Infrastrukturplanung sein.

- a. CCS und CCU müssen im Einklang mit den Zielen des Hamburger Klimaplan stehen. Dies erfordert eine Bewertung, wie diese Technologien zur Reduzierung der CO₂-Emissionen beitragen können und welche Priorität sie im Vergleich zu anderen Maßnahmen wie Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Verhaltensänderungen haben sollten.
- b. Es gilt, Genehmigungsverfahren zu beschleunigen, damit eine kurzfristige Realisierung von CCS- und CCU-Projekten sowie der Aufbau der erforderlichen CO₂-Infrastruktur möglich ist. Eine Verankerung eines „überragenden öffentlichen Interesses“ sollte geprüft werden.

3. **Pilotprojekte und Forschung**

Damit die deutsche Wirtschaft ihren Beitrag zur Treibhausgasneutralität leisten kann, müssen neue Technologien zum Durchbruch gebracht werden. Bisher gibt es in Deutschland noch keine CCS- und CCU-Anlagen im großen, industriellen Maßstab (erste Demonstrationsprojekte aus der Region sind in Kapitel 5 dargestellt). Wegen der hohen Forschungsrisiken benötigen die CCU/CCS-Technologien eine effektive und gut ausgestattete Förderung über alle Entwicklungsphasen hinweg, langfristige finanzielle Rahmenbedingungen, ressortübergreifende Unterstützung der Projektkonsortien im Genehmigungsverfahren sowie die Etablierung von Absatzmärkten für CO₂-arme Produkte.

Folgende Maßnahmen werden vorgeschlagen:

- a. Vorreiterrolle einnehmen: Schnelle und konkrete Förderung von CCS/CCU (insbesondere CCU, um den Technologievorsprung von CCS wettzumachen), um Innovationen und Entwicklung in der Metropolregion Hamburg zu fördern, lokale Wertschöpfungsketten aufzubauen, Beschäftigungswachstum im Bereich CCS/CCU zu stimulieren und private Investitionen anzureizen.
- b. First Mover Projekte bzw. First-of-a-kind Anlagen (Pilotprojekte) im Bereich CCS/CCU aus stationären Punktquellen in Hamburg gezielt fördern. Öffentliche und geeignete private Unternehmen sollten dabei First Mover sein, um die Marktdurchdringung zu erleichtern und die Bildung von CCU-Clustern und CO₂-Hubs in Hamburg anzuregen.
- c. Incentivierung zur Erforschung und Entwicklung von Technologien und Konzepten zur Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ durch regionale Unternehmen mit dem Ziel der Ansiedelung von Produzenten und Know-How-

Trägern für CO₂-Technologien in der Metropolregion.

- d. Prüfung, ob und inwiefern eine Vorreiterrolle, First Mover Projekte und eine Incentivierung der Forschung und Entwicklung im Bereich (langfristige) Negativemissionen gewinnbringend für die Metropolregion Hamburg wäre. Dies betrifft insbesondere die direkte Entnahme von diffusem CO₂ aus der Atmosphäre über DAC-Verfahren, aber auch andere CDR-Verfahren (Carbon Dioxid Removal), wie die Entnahme über Verfahren wie der Herstellung von Biokohle¹¹ (und deren stofflichen Nutzung u.a. zur Bodenverbesserung in der Landwirtschaft) zur Speicherung großer Mengen Kohlenstoff.

4. Einbindung der Öffentlichkeit und Stakeholder

Die Akzeptanz der Bevölkerung und der Industrie ist entscheidend. Transparente Kommunikation und die frühzeitige Einbindung von Stakeholdern durch Konsultationen und Beteiligungsverfahren sind wichtige Schritte, um Unterstützung und Vertrauen zu gewinnen.

5. Regulatorik

Die rechtlichen Rahmenbedingungen müssen zielgerichtet und zeitnah aktiv gestaltet werden. An dieser Stelle verweisen wir auf den Abschnitt 6, in dem diese Thematik ausführlich aufgegriffen wird.

2.) Von der Carbon Management Strategie zur lokalen Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft

Ein wirksames Carbon Management in Hamburg basiert auf der nationalen Carbon Management Strategie (CMS) und entwickelt Maßnahmen, die die Spezifika der Metropolregion Hamburg beachten. Dafür müssen alle wichtigen Akteure mit ihren Herausforderungen und Chancen beachtet werden.

2.1. Unterscheidung der CO₂-Arten: biogen, fossil, atmosphärisch, vermeidbar, unvermeidbar

Im Rahmen der Diskussion zur CMS ist es unabdingbar, hinsichtlich des Ursprungs sowie zur Bilanzierung und prozesstechnischen Bewertung zwischen den verschiedenen Arten von CO₂ zu differenzieren. Eine vereinfachte und klar verständliche Klassifizierung, vergleichbar mit der Farbpalette beim Wasserstoff, trägt zu einer klareren inhaltlichen Diskussion bei und kann die Akzeptanz in der Bevölkerung steigern:

Klassifizierung in Bezug auf den Ursprung des CO₂:

- *Biogenes* CO₂ stammt aus biologischen Quellen bzw. Prozessen, ist Teil natürlicher Kreisläufe und wird daher als bilanziell treibhausgasneutral gewertet.
- *Fossiles* CO₂ stammt aus fossilen Quellen und ist kein Bestandteil natürlicher Kreisläufe, sondern stellt eine Emission von zusätzlichem CO₂, das vorher dauerhaft gebunden war, dar.

¹¹ Mit Biokohle ist vornehmlich Pflanzenkohle aus Pyrolyseverfahren gemeint, aber auch Biokohle aus der Hydrothermalen Carbonisierung.

- *Atmosphärisches CO₂* beschreibt die Gesamtmenge an CO₂ in der Atmosphäre, die es als Hauptursache für die anthropogene Erderwärmung zu begrenzen und zu reduzieren gilt. Es ist die CO₂-Quelle für Verfahren zur Entnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre (CDR), wie das DAC.

Prozesstechnische Klassifizierung des CO₂:

- *Vermeidbares CO₂* kann durch Maßnahmen wie Energieeffizienzverbesserungen oder den Einsatz von erneuerbaren Energien bzw. Wasserstoff in den industriellen Prozessen reduziert oder vermieden werden.
- *Schwer- und Unvermeidbares CO₂* fällt trotz Optimierung des Produktionsprozesses oder Produktes prozessbedingt an. Das bedeutet, dass nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik keine alternativen Prozesse, Produkte, Rohstoffe oder Ressourcen für denselben Anwendungsfall zur Verfügung stehen bzw. diese in ihrem Potenzial begrenzt sind. Dies ist insbesondere der Fall in der Glas-, Kalk- und Zementindustrie, der Chemieindustrie, der Kupferindustrie sowie bei der thermischen Abfallbehandlung. Die Art des entstehenden CO₂ hängt von den eingesetzten Rohstoffen bzw. Brennstoffen ab – fossil und/oder biogen. Transparenz darüber, ob eine Unvermeidbarkeit wirtschaftlich oder technisch bedingt ist, ist wünschenswert.

Neben CO₂ spielen auch Emissionen anderer Treibhausgase, beispielsweise unvermeidbare Methanemissionen aus der Landwirtschaft, eine Rolle. Diese werden oft in CO₂-Äquivalenten bezüglich ihrer Treibhauseffektwirkung quantifiziert.

Für eine nationale Zielerreichung der Klimaneutralität in Bezug auf die CO₂-Äquivalente sind neben der Vermeidung von CO₂-Emissionen aus Punktquellen zusätzlich negative Emissionen notwendig, um diese Restemissionen auszugleichen. Hierbei kann die Abscheidung und dauerhafte Bindung von biogenem CO₂ (technische Senke) einen wichtigen Beitrag leisten, wie auch in der „Langfriststrategie Negativemissionen“ (LNe) der Bundesregierung diskutiert wird.

2.2. Chancen und Herausforderungen im Umgang mit CO₂

2.2.1 Herausforderungen

Komplexität und Zusammenspiel innerhalb des Energiesystems

Carbon Management spielt auf mehreren Ebenen eine wichtige Rolle im Hinblick auf das Erreichen einer klimaneutralen Energieversorgung. Technologische Lösungen in dem Bereich sind jedoch stets mit einem zusätzlichen Energiebedarf verbunden, den es beim Umbau des Energiesystems zu beachten gilt. Mittelfristig werden signifikante Mengen Energie insbesondere für die CO₂-Abscheidung aus Punktquellen (Müllverbrennung, Glas- und Zementindustrie, etc.) und längerfristig auch für DAC- bzw. allgemeiner CDR-Technologien benötigt. Bei den am weitesten entwickelten Verfahren zur CO₂-Abscheidung (z. B. Aminwäsche, HPC-

Verfahren) werden große Mengen Strom und Wärme benötigt, um das Sorptionsmittel zu regenerieren¹². Die Verfügbarkeit und Bezahlbarkeit dieser Energie ist daher die Grundvoraussetzung, welche beachtet werden muss¹³. Zum Teil ergeben sich hierbei Nutzungskonflikte, da bspw. in Müllverwertungsanlagen mit CO₂-Abscheidung durch Aminwäsche in Zukunft u. U. weniger Wärme ins Fernnetz eingespeist werden kann, die bisher für die städtische Wärmeversorgung nutzbar gemacht wird. Berechnungen zeigen, dass sich bei einer CO₂-Vollabscheidung (~ 90% Abscheidegrad) mittels klassischer Aminwäsche (Einsatz von 30 wt.% Monoethanolamin (MEA) als Absorptionslösung) der thermische Energieoutput der Müllverbrennungsanlage um 25% bis 50% verringern könnte. Zudem benötigen viele Verfahren aktuell ein Temperaturniveau von über 120°C, sodass hier Lösungen zur Wärmebereitstellung notwendig sind, wenn vor Ort keine Abwärme zur Verfügung steht. Jedoch gibt es bereits verschiedene alternative Ansätze und Verfahren zur Optimierung und Weiterentwicklung (u. a. Wärmepumpen-Integration, HPC-Verfahren, etc.), welche den Wärmebedarf der CO₂-Abscheidung verringern bzw. die Netto-Abscheidung rein mit elektrischer Energie betreiben können. Dies setzt jedoch einen höheren elektrischen Energieeinsatz (Grünstrom) voraus.

CO₂ ist die energetisch betrachtet niedrigste Form aller Kohlenstoffverbindungen. Nur bei einer Umwandlung in andere Verbindungen ist wieder eine energetische oder stoffliche Nutzung möglich – diese Umwandlung benötigt jedoch Energie. Da diese aus physikalischen Gründen stets größer ist als die dann wieder nutzbare Energie, muss die Umwandlung von CO₂ idealerweise mit erneuerbarer Energie oder Abwärme betrieben werden, da sonst in der Gesamtbilanz zusätzliche Emissionen entstehen. Beispielsweise wird bei der Verwendung von zukünftigen CCU-Verfahren in der Chemieindustrie, bei denen das CO₂ mittels Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffen – Grundchemikalie für synthetische Produkte (z.B. eFuels) – umgewandelt wird, zusätzliche Energie benötigt. Diese Aspekte sind bei der Weiterentwicklung der Energieinfrastrukturen sowie der Standortfindung für CCU-Anlagen dringend zu beachten.

2.2.2 Schwer- und unvermeidbare Emissionen

Trotz aller Erfolge und weiteren Bemühungen zur Emissionsminderung in den eingangs genannten Sektoren (s. Seite 1) wird auch zukünftig ein Teil der CO₂-Emissionen aus diesen Branchen schwer- bzw. unvermeidbar bleiben. Um dennoch die Klimaziele zu erreichen und die industrielle Wertschöpfung nicht zu gefährden, ist die Abscheidung und Speicherung bzw. Nutzung dieser unvermeidbaren fossilen und biogenen CO₂-Mengen von industriellen Punktquellen unumgänglich. Die Transformation der Kohlenstoff-basierten Industrie hin zu einer in eine Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft integrierten Industrie erfordert die Förderung des Markthochlaufes entlang der CO₂-Wertschöpfungskette.

Dabei spielen technologische Herausforderungen, wie die Entwicklung effizienter und kostengünstiger CO₂-Abscheidetechnologien, sowie das Setzen der richtigen regulatorischen Rahmenbedingungen und Anreize für Unternehmen in nachhaltige Geschäftsmodelle zu investieren eine Rolle. CO₂-Angebot und -Nachfrage müssen in Einklang gebracht werden und die

¹² Bsp. Energiebedarf Aminwäsche Abfallverbrennung Wärme: 0,89 – 1,8 MWh und Strom: 0,038- 0,3 MWh pro t abgeschiedenem CO₂ (Referenz.R.Karpf; V.Dütge 2016)

¹³ Beispielrechnung: CO₂ Emissionen MVB (2016) ca. 300.000 t CO₂/Jahr → Energiebedarf für Aminwäsche bei 0,1 MWh(el) und 1 MWh(th) je t CO₂ ergibt 30 GWh(el)/Jahr und 300 GWh(th)/Jahr // im Vgl. dazu beträgt der Beitrag der MVB zur Hamburger Wärmeversorgung ca. 1,1 TWh/a (inkl. Erweiterung 2024)

nötige CO₂-Infrastruktur dafür bereitgestellt werden – ein Henne-Ei-Problem. Auch der zukünftige Energiebedarf für die CO₂ Abscheidung, Weiterverarbeitung und ggf. Speicherung muss bei der Weiterentwicklung des Energiesystems beachtet werden.

Wie bereits erwähnt werden zum Erreichen von Netto-negativ-Treibhausgas-(THG-)Emissionen nach 2045 gemäß der deutschen Klimaschutzziele neben CCU und CCS auch CDR-Maßnahmen notwendig sein und damit auch zusätzliche Transportkapazitäten. Gemäß Weltklimarat IPCC müssen im 21. Jahrhundert 1000 Gt CO₂ entnommen werden, um die Erwärmung unter 1,5 Grad Celsius zu halten. Gemäß „Net Zero Emissions by 2050“ Szenario der International Energy Agency (IEA) werden der Atmosphäre durch DAC in 2030 86 Mt CO₂ und in 2050 980 Mt CO₂ entzogen, bei derzeitigen Werten von 0,01 Mt CO₂ pro Jahr¹⁴. CCS-basiertes CDR nutzt Bioenergieanlagen mit CCS (Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung: BECCS) oder Direct Air Capture mit Carbon Storage (DACCS). Eine weitere Möglichkeit ist die Herstellung und stoffliche Nutzung von Biokohle, wie es z.B. das Hamburger Unternehmen Novocarbo mit seinen Carbon Removal Parks umsetzt¹⁵.

Die Kosten für die Gewinnung von biogenem CO₂ variieren je nach Quelle und Reinigungsprozess. Bei Betrachtung der gesamten Prozesskette inklusive Abscheidung, Transport und Speicherung (BECCS) liegt bspw. eine Schätzung bei 350 €/t.¹⁶ Im Vergleich dazu liegen die Kosten für CO₂ aus Direct Air Capture inklusive Transport und Speicherung (DACCS) aktuell bei etwa 600 bis 1200 USD/t. Die Entwicklungsprognosen für DAC weisen eine große Bandbreite auf. Kostentreiber sind hierbei die benötigte Energie sowie die entsprechende Luftqualität¹⁷. Bestehende DAC-Firmen wie z.B. die climeworks AG verkaufen derzeit CO₂-Zertifikate (DACCS) für 800 USD/tonne (vgl. Portal-Website für den Verkauf von CO₂ credits: cdr.fyi). Da die DAC-Technologie am Anfang ihrer technologischen Entwicklung steht, sind im Zuge ihrer steigenden Anwendung deutliche Kostensenkungen zu erwarten. Die Kosten für Transport und Lagerung spielen aufgrund ihrer geringen Höhe kaum eine Rolle.¹⁸

Die Herausforderungen im Zusammenhang mit der CMS sind vielfältig und erfordern eine umfassende Herangehensweise:

- CCU als integraler Bestandteil der Treibhausgas-Neutralitätsstrategie der Chemieindustrie und des Mobilitätssektors (Schifffahrt und Luftverkehr), ergänzt durch CCS anerkennen
- Notwendigkeit einer (leitungsgebundenen) CO₂-Transportinfrastruktur analysieren
- Notwendige Regulierung einer Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft prüfen
- Rechtliche Unsicherheiten bezüglich der Nutzung von CO₂ (z.B. für eFuels) sowie deren Auswirkungen auf die bilanzielle Kohlenstoffnutzung minimieren
- Im Sinne eines schnellen Hochlaufs von Negativemissionen ist bereits im Rahmen der CMS eine stärkere Berücksichtigung von Negativemissionen aus Energie- und Abfall-

¹⁴ <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022/executive-summary>

¹⁵ <https://www.novocarbo.com/projects/>

¹⁶ https://assets.foleon.com/eu-central-1/de/uploads-7e3kk3/50809/240620_dvne_bcg_cdr_economic_potential_de_vfi-nal_180dpi_1.01bb6a12d9ad.pdf?utm_source=cemicrosite&utm_description=organic&utm_campaign=dvne2024

<https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022/executive-summary>
<https://www.weforum.org/agenda/2023/08/how-to-get-direct-air-capture-under-150-per-ton-to-meet-net-zero-goals/>
<https://www.wri.org/insights/direct-air-capture-resource-considerations-and-costs-carbon-removal>

¹⁸ https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/policy-briefs/policy_brief_air_carbon_capture_DE.pdf

wirtschaft in Fördersystemen denkbar

2.3. Spezifische Herausforderungen für die einzelnen Branchen

Kupferindustrie

In den Primärhütten werden Kupferkonzentrate, die aus Erzen gewonnen werden, zu Kupferkathoden verarbeitet. Aufgrund des rohstoffbedingten Kohlenstoffgehalts in den Kupferkonzentraten entstehen im Rahmen des Hüttenprozesses unvermeidbare CO₂-Emissionen. Gleiches gilt für die Sekundärhütten, die verschiedensten Formen organischer und anorganischer metallhaltiger Recyclingrohstoffe, industrielle Rückstände sowie zugekaufte metallurgische Zwischenprodukte verarbeiten. Trotz aufwendiger Sortierung und Aufbereitung der Recyclingrohstoffe verursachen Kunststoffanhaftungen – z.B. beim Elektronikschrott – auch hierbei unvermeidbare Prozessemissionen, die einen Anteil von bis zu 50% an den Scope 1 Emissionen¹⁹ einer Sekundärhütte haben können. Für diese unvermeidbaren Prozessemissionen existieren derzeit noch keine technologischen Lösungen zum Abscheiden, da der CO₂-Gehalt im Abgas im niedrigen einstelligen Bereich liegt.

Abfallwirtschaft

Die thermische Abfallbehandlung (TAB) dient der Daseinsvorsorge, da sie auf die Schadstoffzerstörung bzw. Hygienisierung von Restabfällen ausgelegt ist und somit eine wichtige Schadstoffsенke darstellt. TAB-Anlagen werden daher primär zur Aufrechterhaltung der Entsorgungssicherheit betrieben und nicht zur Energieversorgung, was sie wesentlich von klassischen Kraftwerken unterscheidet. Darüber hinaus werden mit der Zerstörung von gefährlichen Schadstoffen (substances of very high concern - SVHC) sowie Treibhausgasen in dezidierten TAB-Anlagen schadstofffreie Recyclingprozesse erst ermöglicht und ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

Auch unter Achtung der Abfallhierarchie steht zur thermischen Behandlung von nicht-recyclebaren Restabfällen keine klimafreundlichere Behandlungsalternative in ausreichendem Maß zur Verfügung und zudem werden diese auch zukünftig anfallen. Somit wird der Betrieb von TAB-Anlagen weiterhin erforderlich sein.

Bei den CO₂-Emissionen, welche aus dem Verbrennungsprozess resultieren, handelt es sich demnach um derzeit unvermeidbare CO₂-Emissionen, wobei CCS/CCU Optionen zur Minderung der CO₂-Emissionslast darstellen. Die CO₂-Emissionen aus der TAB sind darüber hinaus zu einem hohen Anteil biogen ($\geq 50\%$), sodass eine CO₂-Vollabscheidung an thermischen Abfallbehandlungsanlagen nicht nur einen wichtigen Hebel zur Reduzierung der fossilen CO₂-Emissionen darstellt, sondern auch wichtige Beiträge zur Generierung von Negativemissionen (BECCS) sowie eine langfristige Quelle für biogenen recycelten Kohlenstoff zur Nutzung des CO₂ darstellt.

Zementherstellung

Zement ist als Baustoff unersetzlich und wird zukünftig nach wie vor zur Herstellung von Beton benötigt. Das Bauen mit Beton bringt ein Dilemma mit sich. Einerseits ist Beton unverzichtbar,

¹⁹ Scope 1: Emissionen aus Quellen, die direkt in Ihrem Besitz oder Geltungsbereich sind (bspw. Betrieb des eigenen Heizkessels oder Fuhrpark). Aus: [Quelle](#)

denn für den Bau vieler Gebäude und Infrastrukturobjekte wird Zement als wichtigster Bestandteil von Beton benötigt. Andererseits fallen dabei hohe Emissionen an – der Großteil davon ist unvermeidbar. Insgesamt ist die Zementherstellung in Deutschland für ca. 2,7 Prozent des jährlichen Kohlenstoffdioxidausstoßes verantwortlich. Der CO₂-Ausstoß ist vor allem aus zwei Gründen so hoch. Zum einen aufgrund der Beheizung des Drehofens zur Herstellung von Zementklinker auf rund 1.450 Grad Celsius. Beim Brennen von Zementklinker entstehen zum anderen zwei Drittel des anfallenden CO₂ prozessbedingt aus dem Rohmaterial und sind damit unvermeidbar. Dabei wird heute schon ein Teil des Brennstoffes aus biogenen Quellen dargestellt. Bei der zukünftigen Abscheidung muss dieser Anteil im Sinne der Definition auch als Senke anerkannt sein.

2.4 Chancen - Weitergehende Nutzungsmöglichkeiten von CO₂

Neben den Herausforderungen ergibt sich im Falle einer effizienten Nutzung von CO₂ die Chance der Schaffung neuer Märkte, Produkte und Dienstleistungen entlang der CO₂-Wertschöpfungskette für eine zukunftsgerichtete nachhaltige Wirtschaft.

Einige Sektoren heben sich in der Transformation ab, da sie Kohlenstoff als Rohstoff nutzen, während andere Sektoren auf CCS-Maßnahmen angewiesen sind, um Klimaneutralität zu erreichen.

Insbesondere enthalten viele Produkte der chemischen Industrie Kohlenstoff – auch nach 2045. Die deutsche Chemie benötigt daher zur Treibhausgasneutralität neben erneuerbaren Energien alternative nichtfossile Kohlenstoffquellen. Daher geht es nicht um eine Dekarbonisierung, sondern um eine Defossilisierung. Anstelle fossiler Quellen wird zukünftig Kohlenstoff aus Biomasse, recycelten Materialien (Abfällen) und aus atmosphärischem CO₂ benötigt²⁰.

Daher ist die wirtschaftliche Nutzung von CO₂ mittels CCU ein zentrales Element für eine Treibhausgas-Neutralitätsstrategie in der chemischen Industrie (vgl. Roadmap Chemie 2050²¹).

Der Chemistry4Climate Abschlussbericht²² verdeutlicht, dass die chemische Industrie erhebliche CO₂-Bedarfe (bis zu 52 Mio. t CO₂ pro Jahr) aufweist und diese damit die ca. 44 Mio. t CO₂-Emissionen pro Jahr aus Zement-, Kalk- und Abfallverbrennungsanlagen übersteigen. Auch eine Studie von Kähler und Porc, präsentiert von der Renewable Carbon Initiative²³, geht insgesamt von einem weltweit steigenden Kohlenstoff-Bedarf zur Erzeugung von Grundchemikalien und daraus abgeleiteten Folgeprodukten aus. Der Bedarf könnte sich von 2020 bis 2050 von 550 Mt Kohlenstoff auf 1.150 Mt Kohlenstoff in etwa verdoppeln, wovon weltweit ca. 25% über abgeschiedenes und genutztes CO₂ (CCU) gedeckt werden könnte.

Die Kaskadennutzung von aufgefangenem bzw. recyceltem Kohlenstoff durch CCU und die Möglichkeit für andere Industrien dadurch treibhausgasneutral zu werden, erfordert einen begünstigenden Rechtsrahmen, insbesondere für CCU bzw. der Bilanzierung des CO₂. Jedes Gramm Kohlenstoff, das mittels CCU im Kreislauf gehalten werden kann, reduziert die Notwendigkeit, neue (fossile) Kohlenstoffquellen zu erschließen oder CO₂ mittels CCS im Boden zu speichern. Langfristiges Ziel sollte es sein, unvermeidbares CO₂ dauerhaft zu binden und

²⁰ Weitere Details finden sich in der VCI-Position „CO₂-Recycling ermöglichen und anreizen“ [20230928-vci-position-ccu-in-der-chemieindustrie.pdf](https://www.vci.de/vci/position-ccu-in-der-chemieindustrie.pdf)

²¹ <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/2019-10-09-studie-roadmap-chemie-2050-treibhausgasneutralitaet.pdf>

²² VCI & VDI (2023). Chemistry4Climate: Wie die Transformation der Chemie gelingen kann, Abschlussbericht 2023

²³ vom Berg, C. and Carus, M. 2023: Making a Case for Carbon Capture and Utilisation (CCU) – It Is much more than just a Carbon Removal Technology. Renewable Carbon Initiative (ed.), Hürth 2023; (vom Berg & Carus 2023)

nicht mehr zu emittieren. Alternativ müssen geschlossene Kreisläufe hierfür aufgebaut werden.

Vor allem in der Transformationsphase werden aufgrund mangelnder Verfügbarkeit von biogenem oder kostengünstigem atmosphärischen CO₂ noch verschiedene Arten von schwer- bzw. unvermeidbarem CO₂ in einer nachhaltigen Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft als Rohstoff zur Verfügung gestellt werden müssen. Ab Erreichen der Treibhausgasneutralität kann dieses vollständig auf biogenes CO₂ umgestellt werden – wie auch auf biogenen Brennstoff in den Zement- und Kalkwerken. Der Einsatz von biogenem CO₂ wird insbesondere nach 2040 für die Nutzung im eFuel-Sektor zur Mobilität relevant sein. Aufgrund dieser Zeitachse ist es entscheidend, dass die bundesweite CMS und die CO₂-Infrastruktur fossiles unvermeidbares CO₂ einbezieht und entsprechende Kapazitäten bereitstellt, bzw. auch lokal in der Metropolregion Hamburg entsprechende Voraussetzungen geschaffen werden.

Im europäischen Luft- und Schiffsverkehr ergeben sich gewaltige Herausforderungen, die ambitionierten Ziele hinsichtlich des Einsatzes nachhaltiger Kraftstoffe zu erfüllen, zu deren Produktion kohlenstoffhaltige Eingangsprodukte notwendig sind. Durch die „Verordnung über die Nutzung erneuerbarer und kohlenstoffarmer Kraftstoffe im Seeverkehr“ (FuelEU Maritime) existieren verbindliche Grenzwerte für die „Treibhausgasintensität der an Bord verwendeten Energie“. Die Menge der EU-weiten Treibhausgasemissionen, welche durch die von Schiffen genutzte Energie freigesetzt werden, soll bis 2050 um 80% gegenüber 2020 sinken.²⁴ Für die Herstellung von Methanol für die Schifffahrt rechnet Straitsresearch mit einer jährlich steigenden Wachstumsrate von 4,7% im Zeitraum von 2022 bis 2030²⁵. Dies betrifft auch die Herstellung von e-Methanol, eines aus CO₂ und Wasser hergestellten Kraftstoffs. Weitere alternative Brennstoffe für Marine Gas Oil (MGO) in der Schifffahrt sind Ammoniak, e-Methan/Bio-LNG und fossiles LNG.

Gerade in der Luftfahrt werden von der Bundesregierung ehrgeizige Ziele gesteckt. So sollen laut der im Jahr 2021 veröffentlichten Power-to-Liquid (PtL)-Roadmap bis 2030 jährlich 200.000 Tonnen PtL-Kerosin Produktionskapazität in Deutschland entstehen. In der Verordnung zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr (ReFuelEU Aviation) ist eine verpflichtende Beimischung von nachhaltigen Flugkraftstoffen (SAF) geregelt. Diese SAF müssen 2025 einen Anteil von 2% betragen, bis 2050 steigt der Wert in mehreren Stufen auf 70%²⁶. Der Mindestanteil synthetischer Kraftstoffe steigt von 1,2% im Jahr 2030 auf 35% im Jahr 2050. Treibhausgaseinsparungen durch synthetische Kraftstoffe müssen mindestens 70% im Vergleich zu einem fossilen Vergleichswert von 94 g CO₂-Äq./MJ betragen. In dem NOW Factsheet ReFuelEU Aviation²⁷, aus dem die Zahlen stammen, sind auch die Mengen an CO₂ genannt, die durch die Produktion von synthetischen Kraftstoffen zu erwarten sind. Flughäfen müssen ab einer bestimmten Größe eine Betankung mit SAF ermöglichen.²⁸

²⁴ https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2024/04/NOW-Factsheet_FuelEU-Maritime.pdf

²⁵ <https://straitresearch.com/de/report/methanol-market>

²⁶ Zur Visualisierung der tatsächlichen Produktionsmengen von SAF existiert eine interaktive Datenvisualisierung auf Basis angekündigter und laufender Projekte: <https://erneuerbarekraftstoffe.de/saf-monitor/>

²⁷ https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2024/04/NOW-Factsheet_ReFuelEU-Aviation.pdf

²⁸ Reduzierung der Emissionen im Luft- und Schiffsverkehr: EU-Maßnahmen erklärt, <https://www.europarl.europa.eu/to-pics/de/article/20220610STO32720/reduzierung-der-emissionen-im-luft-und-schiffsverkehr-eu-massnahmen-erklart>, zuletzt abgerufen 25.06.2024

Dabei darf CCU für die Produktion nachhaltiger Kraftstoffe nicht zu Pfadabhängigkeiten (lock-ins) fossiler Kohlenstoffnutzung führen. Aufgrund der kurzen Bindungszeiten des CO₂ in Methanol und SAF sind fossile Kohlenstoffe sukzessive durch biogene Alternativen zu ersetzen. Diese können zur Erreichung der Klimaziele effizienter für Anwendungen mit kurzen Bindungszyklen verwendet werden. So kann das Ziel erreicht werden, unvermeidbares CO₂ in geschlossenen Kreisläufen langfristig zu binden.

Erste Abnehmer von CO₂ werden durch regulatorische Vorgaben, Förderungen, Ziele der Unternehmen und die Wirtschaftlichkeit bestimmt. Im ersten Schritt können lokale CO₂-Wertschöpfungsketten um industrielle CO₂-Punktquellen als Ausgangspunkt dienen, um die Machbarkeit zu demonstrieren und den CO₂-Markthochlauf mit der notwendigen CO₂-Infrastruktur in Entwicklungsstufen zu fördern. Zudem sollte der überregionale leistungsabhängige Ausbau zu CO₂-Hubs (Integration/Aufbau einer Logistikinfrastruktur oder ein "Supply-Chain-Management" für Maßnahmen in Hamburg) bedarfsgerecht auf Basis der Transformationspfade der lokalen Industrie geplant werden.

3.) Mengengerüste CO₂ heute und in der Zukunft

Eine systematische Erfassung und Prognose der CO₂-Potentiale in der Metropolregion Hamburg ist dringend notwendig (siehe Forderungen oben). Zur Einschätzung der Größenordnungen der aktuellen Emissionen aus Punktquellen werden hier die Industrieanlagen der norddeutschen Bundesländer, die im Register des Umweltbundesamtes als emissionshandelspflichtige Anlagen geführt werden, als Referenz herangezogen. Das Gesamtpotential beträgt hierbei demnach rund 52 Mio. t. Es ist davon auszugehen, dass dieses Potential sukzessive deutlich abfällt. Schätzungen des VCI für Gesamtdeutschland gehen von einer Reduzierung auf unter 20% der heutigen Potentiale aus. Die Einschätzungen in diesem Kapitel dienen dazu erste Anhaltspunkte und Indikationen zu Mengengerüsten zu geben, können aber nicht die eingangs geforderte detaillierte und systematische Mengenanalyse ersetzen.

Tabelle 1: CO₂-Emissionen emissionshandelspflichtiger Anlagen für 2019 in Norddeutschland²⁹

Emissionen in Mio. t CO ₂	HH	HB	MV	NI	SH	Gesamt
Energieumwandlung	5,8	6,3	2,4	15,4	2,1	32,0
Industrie	2,8	1,9	0,3	10,7	3,9	19,6
Gesamt	8,6	8,2	2,7	26,1	6,0	51,6

Auch beim Bedarf an CO₂ als Rohstoff ist es notwendig eine systematische Erfassung durchzuführen. Zur groben Orientierung dient hier eine Abschätzung basierend auf der Annahme, dass die norddeutschen Raffinerien ihre heutigen Produktionsmengen an Kraftstoffen (Referenzjahr 2019) auf Prozesse umstellen, die auf grünem Wasserstoff basieren. Weiterhin wird die produzierte Menge an Naptha als Richtwert für Mengen an Olefinen und Aromaten genommen, die als Grundchemikalien für Polymere und Kunststoffe dienen und konventionell durch das Steamcracking von Naptha erzeugt werden.

²⁹ Umweltbundesamt DEHst Emissionshandelspflichtige Anlagen in Deutschland 2022, unter https://www.dehst.de/Shared-Docs/downloads/DE/anlagenlisten/2021-2030/2022.pdf?_blob=publicationFile&v=2 (zuletzt abgerufen am 03.05.2024)

Tabelle 2: CO₂-Rohstoffbedarf bei heutigen Produktionsmengen in Raffinerien (die Tabelle weist die heutigen Produktionsmengen aus)³⁰

Bedarf in Mio. t CO ₂	HH	HB	MV	NI	SH	Gesamt
Rohbenzin (Naphtha)	0,3			0,0	1,3	1,6
Ottokraftstoffe	4,1	-	-	3,8	2,0	9,9
Diesekraftstoffe	8,2	-	-	7,5	4,7	20,4
Flugturbinenkraftstoffe	-	-	-	1,2	1,1	2,3
Gesamt Minimum*	0,3	-	-	1,2	2,4	3,9
Gesamt (inkl. Diesel)	12,6	-	-	12,5	9,1	34,2

*Annahme: Otto- und Diesekraftstoffbedarf wird durch Elektromobilität ersetzt

In der Gesamtbetrachtung ist der Bedarf stark davon abhängig, wie viel des Bedarfs an Benzin und Diesel in Zukunft durch Elektromobilität ersetzt wird. Ohne den Bedarf an Kraftstoffen sind es 4,3 Mio. t/a, wohingegen der Bedarf mit Diesel und Benzin 34,6 Mio. t/a wären. Auch die Herstellung alternativer Kraftstoffe für den Flug und Schiffsverkehr ist noch nicht in der Abschätzung enthalten. Weiterhin fehlen in der überschlägigen Betrachtung Spezialitätenprodukte, wie sie unter anderem bei dem H&R Produktionsstandort Hamburg (H&R Ölwerke Schindler GmbH) hergestellt werden, sowie Nebenprodukte im Raffinerieprozess.

Neben den Mengengerüsten für Kraftstoffbedarfe wäre eine gesamtsystemische Betrachtung sinnvoll. Dabei sollten verschiedene Modellrechnungen in Bezug auf verbleibende Restemissionen durchgeführt werden, die unterschiedliche Annahmen in Bezug auf die Umstellung von fossilen auf nachhaltige Energieträger in den Industrieprozessen treffen (erneuerbarer Strom, grüner Wasserstoff). Der Hamburger Wasserstoffverbund hat bspw. im Rahmen seiner Einreichungen für IPCEI ein Einsparungspotential von über 600.000 t CO₂ in der Projektlaufzeit ausgewiesen, wenn in den Prozessen Erdgas durch grünen Wasserstoff ersetzt werden kann.

4.) Aktueller Stand CO₂ Netze / CO₂ Infrastrukturen in Häfen und Pipelines

4.1 Pipelines

Die **Carbon Management Strategie** des Bundes sieht eine **CO₂-Pipeline-Infrastruktur im europäischen Verbund und einen privatwirtschaftlichen Aufbau und Betrieb** vor. Derzeit

³⁰ Quellen zu den Daten: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, Energiebilanzen der Länder 2019, unter <https://www.lak-energie-bilanzen.de/laenderbilanzen/> (zuletzt abgerufen am 03.05.2024); Petrochemicals Europe Cracker Capacity, unter <https://www.petrochemistry.eu/about-petrochemistry/petrochemicals-facts-and-figures/cracker-capacity/> (zuletzt abgerufen am 03.05.2024); Concawe „E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050“ (2020), unter https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_22-17.pdf; VCI & VDI “Chemistry 4 Climate – Wie die Transformation der Chemie gelingen kann“ (2023), unter <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/broschueren-und-faltblaetter/final-c4c-broschure-langfassung.pdf>

werden bereits konkrete CO₂-Transportprojekte mit Partnern in der Wertschöpfungskette entwickelt. Detaillierte Umsetzungspläne gibt es bisher in klar abgegrenzten Clustern, in denen die privatwirtschaftlich betriebene Infrastruktur perspektivisch über den Abschluss langfristiger CO₂-Transportbuchungen abgesichert werden kann. Das komplette Risiko dieser Projekte liegt aktuell beim Emittenten, der die gesamte CO₂-Wertschöpfungskette absichern muss. Bereits heute bedeutet dies in der Praxis, dass dies für die Emittenten eine sehr große finanzielle Herausforderung darstellt und allenfalls für räumlich eng begrenzte Cluster tragbar ist. Ein vorausschauender und bedarfsgerechter Infrastrukturaufbau mit europäischer Perspektive ist deshalb erforderlich.

Ein weiterer Aspekt im Hinblick auf den Aufbau einer bedarfsgerechten CO₂-Infrastruktur stellen langfristige Negativemissionen dar. Aktuell gibt es hier keine Geschäftsmodelle für potenzielle Marktteilnehmer. Somit ist davon auszugehen, dass entsprechende Transportkapazitäten Stand heute nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden.

Für den privatwirtschaftlichen Aufbau und den Betrieb einer CO₂-Transport- und Lagerinfrastruktur werden private Kapitalgeber benötigt, die aufgrund der langen Vorlaufzeiten für Planungs- und Genehmigungsverfahren zeitnah Investitionsentscheidungen (FID) treffen müssen. Eine Verzögerung dieser FID u.a. bei den Emittenten und Infrastrukturbetreibern hat Auswirkungen auf den schnellen und zukunftssicheren Infrastrukturaufbau und führt – wie schon beim Wasserstoff – zur Frage, wie das Henne-Ei-Problem adäquat gelöst werden kann.

Daher sollte schnellstmöglich eine Lösung gefunden werden, das Risiko der Emittenten für die gesamte Wertschöpfungskette zu minimieren, um Investitionen im Bereich Carbon Management auszulösen. Grundsätzlich kann eine gezielte Fördermittelbereitstellung hierfür hilfreich sein, um ggf. auf diesem Wege die notwendige Anschubfinanzierung zu sichern. Dazu bedarf es eines Finanzierungsrahmens, um die notwendige und langfristige Investitionssicherheit für alle Akteure zu schaffen. Dazu wurde ein Whitepaper zum Aufbau und Betrieb der Infrastruktur an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) übergeben, das diesem Impulspapier (s. Anhang 2) beigelegt ist. Diesem wurde u.a. von den potentiellen Pipeline-Netzbetreiber verfasst.

Für die Metropolregion Hamburg wäre es wichtig zu erheben, welche Mengen CO₂ in der Stadt bzw. im Umland anfallen und über welche Transportwege diese einer Speicherung oder Nutzung zugeführt werden könnten. Dabei sollten insbesondere folgende Fragestellungen betrachtet werden:

- In welcher Form ist ein CO₂-Transport sowohl technisch als auch ökonomisch am besten möglich (via Straße, Schiene, Wasserweg oder Pipeline) – vor allem auch im Hinblick auf die von einem Punkt zum anderen zu transportierenden Mengen und deren Entwicklung in den kommenden Jahren?
- Falls eine Pipeline erforderlich ist, sollte diese an einen der regionalen Häfen (bspw. Brunsbüttel oder Hamburg) angebunden sein, um eine Verschiffung des CO₂ grundsätzlich zu ermöglichen?

- Zudem ist zu klären, wie ein Entgeltmodell geregelt werden könnte: Wird für die Region ein Streckenentgeltmodell oder ein Briefmarkenmodell bevorzugt?

Das Unternehmen [OGE](#) hat eine Marktabfrage zu CO₂-Bedarfen gestartet. Entsprechende Ansätze für die Entwicklung eines CO₂-Transportnetzes, das auch eine Pipeline von Hamburg nach Brunsbüttel beinhalten könnte, sind auf der Internetseite einzusehen (Vgl. auch <https://gas.info/carbon-management/co2-netz>). Bei einer tiefergehenden Analyse sollten deshalb OGE und die Hafenstandorte Hamburg und Brunsbüttel (siehe folgendes Kapitel) einbezogen werden.

Die regionale Betrachtung sollte zudem berücksichtigen, dass Dänemark vor kurzem die ersten onshore CCS-Lizenzen an Wintershall DEA und Equinor vergeben hat, d.h. beide Unternehmen können mit der Exploration konkreter Standorte beginnen und diese auf ihre geologischen CO₂ Speicherkapazitäten prüfen. Aufgrund der regionalen Nähe zu Dänemark sollten diese Entwicklungen im Nachbarland bei der Analyse für die Metropolregion Hamburg berücksichtigt werden.

Es ist zielführend, dass die zukünftigen CO₂-Pipelines für CCS und CCU gleichermaßen genehmigt werden. Dies ist die Grundlage der notwendigen Verknüpfung von Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft über die stoffliche Nutzung des CO₂, z. B. in den Produkten der chemischen Industrie.

Um die enormen Startkosten eines CO₂-Netzes finanziell abzusichern, sollte analog zum Wasserstoffkernnetz ein Amortisationskonto des Bundes oder ein anderes De-Risking-Instrument geschaffen werden.

4.2 Häfen als bedeutender Teil der CO₂-Transportinfrastruktur (CO₂-Hubs)

Die Seehafenbetriebe/Häfen spielen für die CO₂-Wertschöpfungskette bzw. für die Realisierung der ambitionierten CMS des BMWK eine Schlüsselrolle. Als Schnittstellen der Verkehrsträger und als Lagerstätten sind sie geeignete Standorte und wichtige Umschlagplätze für den wasserseitigen CO₂-Export. Im Zuge der regionalen Zusammenarbeit positionieren sich die Hafenstandorte Hamburg und Brunsbüttel als zentrale Hubs für den CO₂-Export aus der Industrie im Norden. Beide Standorte bieten dank ihrer multimodalen Hafeninfrastruktur, einer guten Erreichbarkeit über Schiene und Binnenschiff sowie vorhandener Umschlagseinrichtungen, ideale Voraussetzungen für den sicheren Seetransport zu den erprobten Lagestätten und Nutzungsorten.

Der Elbehafen Brunsbüttel nimmt mit der geplanten Pipeline vom Holcim-Zementwerk in Lägerdorf nach Brunsbüttel und seiner Lage im ChemCoast Park Brunsbüttel, dem größten zusammenhängenden Industriegebiet Schleswig-Holsteins, eine entscheidende Rolle für den CO₂-Transport im Norden ein. Die zahlreichen vor Ort ansässigen Unternehmen aus der Chemieindustrie, die bereits heute CO₂ beziehen, engagieren sich gemeinsam für den Einsatz innovativer Technologien wie CCS und CCU, um den Standort Brunsbüttel wettbewerbsfähig und nachhaltig zu gestalten. Zudem setzen sie sich für den verstärkten Import von erneuerbaren Energieträgern und den Export von unvermeidlichem CO₂ aus der Industrie im Norden ein.

Im Hamburger Hafen findet schon heute auf dem Gelände der Firma Evos Umschlag von CO₂ statt. Die bestehenden Lagerkapazitäten können vor Ort um mindestens 10.000 Kubikmeter jederzeit erweitert werden. Somit haben erste Unternehmen entlang der multimodalen Logistikkette bereits Erfahrungen im CO₂-Handling und sind prädestiniert, Mengen zeitnah in Hamburg zu skalieren. Darüber hinaus definiert der Sustainable Energy Hub weitere Flächen im Hafengebiet, wo zusätzlicher CO₂-Umschlag sowie CCU-Projekte aber auch Umschlag von grünen Energieträgern stattfinden kann. In Hamburg besteht durch die direkt im Hafengebiet, aber auch im Hinterland angesiedelte Industrie, die vor allem der Metallurgie zugeordnet werden kann und somit den "Hard-to-abate" Sektoren zuzurechnen ist, eine starke industrielle Konzentration. Diese Unternehmen werden in der Zukunft voraussichtlich einen beachtlichen Anteil CO₂ abscheiden, durch Carbon Capture auffangen und abgeben.

Zeitgleich befassen sich lokale Entsorgungsunternehmen mit der Abnahme von CO₂ aus der Schifffahrt. Auch in der Seeschifffahrt werden derzeit Entwicklungen verfolgt, die Carbon Capture Anwendungen an Bord beinhalten (sogenanntes Onboard Carbon Capture (OCC)). Damit das aufgefangene CO₂ in den Häfen sicher an Land abgegeben werden kann, sind entsprechend Abnahmeinfrastrukturen in den Häfen zu schaffen. Damit wäre die Seeschifffahrt ein weiterer Produzent von CO₂ für die Metropolregion Hamburg. Die konkret aufgefangenen CO₂-Mengen sind dabei heute noch schwer quantifizierbar. Die im Sommer 2024 veröffentlichte Studie der HPA geht von ca. 1 Mio. t CO₂ im Jahr 2050 aus.

Die Entwicklung zu einem CO₂ Hub ist von großer Bedeutung für die Hafenstandorte, da der Umschlag und der Transport von Kohlenstoffdioxid aus verschiedenen Industriezweigen ein neues innovatives Geschäftsfeld darstellt und Wertschöpfung generiert.

5.) Aktueller Stand bei Pilotprojekten und Technologieentwicklung

Durch das Eckpunktepapier der Bundesregierung zur CMS sowie dem Referentenentwurf zur Änderung des Kohlendioxid-Speicherungs- und Transportgesetzes (KSpTG) hat die Bundesregierung eine klare Position für den Einsatz von CCS/CCU zur Erreichung der Klimaziele gezogen.

Aufgrund der in der Vergangenheit fehlenden politischen Relevanz und der damit verbundenen fehlenden Regulatorik beim Thema CCS/CCU sowie überschaubarer Förderinstrumente fehlen im Hamburger Raum bisher weitestgehend First-of-a-kind Anlagen bzw. First Mover Projekte im Bereich CCS/CCU, welche als „Best Practice“ Beispiele dienen könnten und zu weiteren Investitionen in eine CO₂-Infrastruktur sowie zu weiteren Projekten anreizen bzw. motivieren könnten. Hier besteht, auch aufgrund diverser technischer Unsicherheiten in der CCS/CCU-Verfahrenskette sowie hoher spezifischer Kosten, ein erheblicher First Mover Disadvantage.

Der EU-Emissionshandel (EU-ETS) sowie der nationale Emissionshandel (nEHS) setzen erste Anreize zum Einsatz von CCS/CCU, um Emissionszertifikate und die damit verbundenen Kosten für CO₂-Emissionen einzusparen. Die CO₂-Bepreisung allein führt jedoch kurz-

bis mittelfristig noch nicht zu einem Hochlauf von CCS/CCU, da die Kosten für eine Umstellung von herkömmlichen emissionsintensiven Verfahren auf klimafreundliche CCS/CCU-Wertschöpfungsketten weiterhin deutlich über dem CO₂-Preis liegen. Somit sind staatliche Förderungen zum Hochlauf der Technologien sowie zur Erprobung und Optimierung dieser notwendig. Geeignete und gezielte Förderinstrumente zu CCS/CCU wurden durch die CMS angekündigt und sollen zeitnah für Industrie- sowie F&E-Vorhaben zur Verfügung stehen, sofern sich diese auf die Förderschwerpunkte beziehen. Es ist aus Sicht der Task Force dabei unverzichtbar, dass allen in der CMS genannten Sektoren mit unvermeidbaren CO₂-Emissionen eine Bewerbung auf die sogenannten Klimaschutzverträge für CCS/CCU-Vorhaben ermöglicht wird. Ebenso sollte Akteuren ein Zugang zu CO₂ bzw. eine Speichermöglichkeit für CO₂ gegeben werden.

Beispiele für erste Anlagen und Technologien in der Metropolregion Hamburg, die im Kontext von Carbon Management relevant sind:

- [Carbon2Business](https://carbon2business.de/) – CO₂-Abscheidung bei der Zementproduktion bei Holcim in Lägerdorf³¹
- Nutzung von biogenem CO₂ in einer Power to X Pilotanlage bei H&R Produktionsstandort Hamburg (H&R Ölwerke Schindler GmbH; Fischer-Tropsch Synthese mit Elektrolysewasserstoff)³²
- CO₂-Abtrennung aus Biogas mit einer Aminwäsche bei der Stadtreinigung Hamburg am Biogas- und Kompostwerk (BKW) Bützberg³³ sowie im Klärwerk von Hamburg Wasser zur Aufreinigung des Biogases vor der Einspeisung ins Gasnetz
- Anlage zur Herstellung von Biokohle aus Kakaoresten von Circular Carbon³⁴
- DAC-Pilotanlage der HAW Hamburg zur Abtrennung von CO₂ aus Luft und der Herstellung von Methan in einer biologischen Methanisierungsanlage³⁵
- DAC-Technologie und Technikum der Firma DACMA³⁶
- Carbon Removal Park Baltic Sea im "grünen Gewerbegebiet Nordwest" in Grevesmühlen des Hamburger Unternehmens Novocarbo (CDR über Biokohle)³⁷
- Anlage im Landkreis Nienburg zur Herstellung von jährlich über 70 Millionen Litern eFuel aus CO₂ und Wasserstoffderivaten, wobei das CO₂ über die DAC-Anlage des CC4E der HAW gewonnen und das benötigte Wasserstoffderivat über das Hamburger Blue Hub importiert werden soll (Produktionsstart geplant für Ende 2026)³⁸
- Plasmacracking-Versuchsanlage zur Herstellung von H₂ und Carbon Black aus (Bio-)Methan bei Gasnetz Hamburg in Zusammenarbeit mit HAW Hamburg und IPLAS (Testbetrieb ab Herbst 2024)³⁹
- Plasma2X: roh Biogas2Liquid (CO₂-Anteil: 25-55%) Versuchsanlage bei Helmholtz Zentrum Hereon in Zusammenarbeit u.a. mit der HAW Hamburg⁴⁰

³¹ <https://carbon2business.de/>

³² <https://youtu.be/lhALGqjQZWI>

³³ Anlage von Cirmac, vgl. https://www.topagrar.com/dl/2/8/6/1/0/4/3/TN_014_015_04_10.pdf

³⁴ <https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bwi/aktuelles/pressemeldungen/2023-02-03-bwi-circular-carbon-521826>

³⁵ <https://www.haw-hamburg.de/forschung/forschungsprojekte-detail/project/project/show/closedcarbonloop-ccl/>

³⁶ <https://dacma.com/>

³⁷ <https://www.novocarbo.com/de/news/novocarbo-eroeffnet-groessten-carbon-removal-park-in-deutschland/>

³⁸ https://www.spiegel.de/auto/e-fuels-erste-grosse-fabrik-fuer-synthetisches-benzin-in-niedersachsen-geplant-a-5c298512-4b8b-43c0-8f9c-8bfa9712ef1?sara_ref=re-xx-cp-sh

³⁹ <https://www.haw-hamburg.de/forschung/forschungsprojekte-detail/project/project/show/medea/>

⁴⁰ <https://www.haw-hamburg.de/forschung/forschungsprojekte-detail/project/project/show/plasma2x/>

- Projekt CDRSynTra mit dem Projektpartner Climate Service Center Germany (GERICS) / Hereon bündelt und bewertet Ergebnisse aus den Forschungsprogrammen CDRterra und [CDRmare](#) zu verschiedenen CO₂-Entnahmemethoden⁴¹
- Verbundprojekt MemKoWI: Entwicklung spezieller Membrantechnologien, um CO₂ und Wasserstoff aus Industriegasen abzutrennen. Tests unter realen Bedingungen in der Stahl- und Zementproduktion sowie der Frischholzverbrennung⁴²
- Produktion von Bio-LNG der [Apensen Verflüssigungs GmbH & CO. KG](#) (Joint-Venture der deutschen Biogasproduzentin Bioenergie Geest und des schweizerischen Cleantech-Unternehmens Hitachi Zosen Inova (HZI) in Stade

Die Task Force CO₂ empfiehlt, mit öffentlichen und geeigneten privaten Unternehmen der Metropolregion Hamburg als First Mover in CCS/CCU-Pilotprojekten zu starten, um mit First-of-a-kind-Anlagen die Machbarkeit aufzuzeigen, die Marktdurchdringung zu fördern, Schnittstellen für weitere Projekte zu bilden und somit auch private Investitionen zu fördern bzw. attraktiver zu machen. Ferner sollten Unternehmen und Forschungsinstitutionen unterstützt werden, die sich mit der Entwicklung von CO₂-Technologien beschäftigen, um die regionale Innovations- und Wirtschaftskraft zu stärken.

6.) Maßnahmen und Empfehlungen zu CCS/CCU

Um den genannten Herausforderungen zu begegnen, sind konkrete Maßnahmen erforderlich (teilweise bereits genannt).

- Eine detaillierte Erhebung der CO₂-Bedarfe aus der Industrie zur Planung einer effizienten CO₂-Infrastruktur.
- Techno-ökonomische CO₂-Wertschöpfungskettenanalyse und Optimierung hinsichtlich benötigter Infrastruktur und Flächenbedarfe (Abscheidung, Nutzung, Hubs, etc.).
- Förderung von CO₂-Abscheide- und -Reinigungsanlagen, um Planungssicherheit für die technische und wirtschaftliche Durchführbarkeit im industriellen Maßstab zu gewährleisten.
- Die Umsetzung von First-of-a-Kind-Anlagen, insbesondere im Bereich CCU, um den Markteintritt zu erleichtern.

Um eine Umsetzung der notwendigen Technologien zu ermöglichen und ökonomische Anreize zu schaffen ist es notwendig einen **passenden Rechtsrahmen** zu schaffen. Dazu sind unter anderem folgende Aspekte zu adressieren:

- Finalisierung der Carbon Management Strategie auf Bundesebene noch im Jahr 2024 und Harmonisierung mit der europäischen Industrial Carbon Management Strategie.
- Prüfung eines „überragenden öffentlichen Interesses“ für CCS- und CCU-Projekte sowie den Aufbau der erforderlichen CO₂-Infrastrukturen und guter Verfahrensprozesse, um Genehmigungsverfahren zu beschleunigen.

⁴¹ <https://cdrterra.de/consortia/cdrsyttra>

⁴² https://www.industrie-energieforschung.de/news/de/memkowi_kohlendioxid_bei_der_stahl_und_zementindustrie_als_werstoff_generieren

- Die Anpassung des rechtlichen Rahmens, um die Nutzung von CO₂ als Rohstoff für industrielle Anwendungen, z. B. für eFuels und chemische Produkte, zu erleichtern und die bilanzielle Kohlenstoffnutzung zu fördern.
- Überprüfung der Verwendung der C14-Methode zur Bewertung der biogenen Herkunft von Kohlenstoff.⁴³
- Kurzfristige und gezielte Förderung von CCS- und CCU-Projekten im Rahmen der Klimaschutzverträge für alle Sektoren mit schwer- oder unvermeidbaren prozessbedingten CO₂-Emissionen nach CMS.
- Einführung weiterer Förderinstrumente, um kurz-/mittelfristig Investitions- und Betriebskosten für CO₂-Abscheidetechnologien zu unterstützen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Industrie zu sichern.
- Prüfung der Entwicklung einer umfassenden Regulierung für die CO₂-Nutzung, die nachhaltige Kohlenstoff-Kreisläufe fördert und die Anrechnung von Negativemissionen ermöglicht. Der Strombedarf für die Erzeugung dieser „Negativemissionen“ muss in den Bedarfsplanungen einbezogen werden.
- Schaffung eines Zertifizierungssystems für die Anwendung von CCS- und CCU auf europäischer Ebene, um die Kreislaufführung von Kohlenstoff und CO₂ aus Abfallströmen zu fördern.
- Weiterentwicklung der technischen Normen und Regelwerke unter Einbindung von Praktikern, um die Anforderungen an die Reinheit und Effizienz des gesamten CCS/CCU-Systems zu erfüllen und die Wirtschaftlichkeit entlang der CCS/CCU-Kette zu gewährleisten.
- Anpassungen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), des BImSchG und der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (17. BImSchV) für die Genehmigung von CO₂-Abscheidungsanlagen hinsichtlich der Änderung des Abgasvolumenstromes.⁴⁴
- Ausweitung und Anpassung des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungserfordernisses auf CCU (bisher nur CCS) durch Streichung des Zusatzes „zum Zwecke der dauerhaften geologischen Speicherung“ in Nr. 10.4 der Anlage 1 zur 4. BImSchV.
- Verzahnung der CMS mit der „Langfriststrategie Negativemissionen“ und weiteren Strategien wie der Nationalen Biomassestrategie (NABIS).
- Vermeidung und Reduzierung doppelter Berichts-, Nachweis- und Dokumentationspflichten.

Um die Transformationsziele zu erreichen, müssen alle relevanten Akteure zeitnah in die Umsetzung von neuen Ideen und Projekten kommen. Eine langfristige Planungssicherheit, fördernde Rahmenbedingungen und eine Kultur des Ermöglichens werden dafür benötigt.

⁴³ Mit der Methode kann das Alter von Kohlenstoffverbindungen auf Basis des Verhältnisses vom Isotop C14 zu C12 in einer Probe bestimmt werden. Aufgrund verschiedener menschengemachter Effekte (Klimawandel, Atomtests) droht die Methodik ihre Aussagekraft zu verlieren, siehe <https://www.spektrum.de/news/radiokohlenstoffdatierung-co2-ausstoss-killt-c14-methode/2044942>. Zudem kann Kohlenstoff, der über ein Direct Air Capture Verfahren gebunden wurde, Kohlenstoff unterschiedlichsten Alters enthalten. Eine Nutzung der Methode als Basis der Sicherstellung der biogenen Herkunft eines eFuels ist dementsprechend zu hinterfragen.

⁴⁴ Wenn CO₂ aus Rauchgasen von Verbrennungsanlagen abgeschieden wird, erhöht sich die Konzentration der Schadstoffe, die Fracht bleibt jedoch gleich. Durch die Konzentrationsänderung können in vielen Fällen die Grenzwerte der TA-Luft nicht mehr eingehalten werden, da das Abgas der Gesamtanlage rein rechnerisch eine höhere Schadstoffkonzentration aufweist, als nach den Vorgaben der TA-Luft zulässig wäre. Für den Bau von CO₂-Abscheidungsanlagen an Verbrennungsanlagen ist die Anpassung der 17. BImSchV deshalb eine Grundvoraussetzung.

Mitwirkende und Autoren:

Anja Nold, OGE

Christian Hein, Aurubis

Dirk Wullenweber, Lothar Gruppe

Eva von Soosten, Brunsbüttel Ports

Fabian Schott, Stadtreinigung Hamburg

Florian Kleinwächter, Holcim (Deutschland)

Julia Jarck, Stadtreinigung Hamburg

Jörg Spitzner, DACMA GmbH

Linda Hastedt, Hamburg Port Authority

Marcel Schröder, Stadtreinigung Hamburg

Mike Blicher, CC4E / HAW Hamburg

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Timmerberg, CC4E / HAW Hamburg

Dr. Tobias Cors, Universität Hamburg

Koordination

Kirsten Schümer, Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH

Dr. Thomas Greve, Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH