

# Carbon Capture in Austria: Zukünftige F&E-Schwerpunkte angesichts europäischer und weltweiter Trends

**Endbericht** (GZ 2023-0351.624)

**Verfasst von:** DI Dr. Günter Simader, Österreichische Energieagentur

**Beauftragt von:** Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

**Ort, Datum:** Wien, 31.08.2024

## Impressum

Herausgeberin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, ZVR 914305190

Mariahilfer Straße 136, 1150 Wien

Telefon: +43 1 586 15 24, Fax-Durchwahl 340, [office@energyagency.at](mailto:office@energyagency.at), [energyagency.at](http://energyagency.at)

Für den Inhalt verantwortlich: DI Franz Angerer | Gesamtleitung: DI Dr. Günter Simader

Lektorat: Bao-An Phan | Layout: -

Herstellerin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency | Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet.

Die Österreichische Energieagentur hat die Inhalte der vorliegenden Publikation mit größter Sorgfalt recherchiert und dokumentiert. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Analyse der europäischen und internationalen Entwicklungen.....	5
2.1	Allgemein.....	5
2.2	Die europäische Industrial-Carbon-Management-Strategie.....	6
2.3	EU-Verordnung zur Schaffung eines Rahmens für Maßnahmen zur Stärkung des europäischen Ökosystems der Fertigung von Netto-Null-Technologien.....	9
2.4	Internationale Aktivitäten.....	10
2.5	Durchgeführte Aktivitäten.....	13
2.6	Fazit.....	15
3	Analyse bestehender F&E-Aktivitäten und Identifizierung zukünftiger F&E-Schwerpunkte für Österreich.....	16
3.1	Durchgeführte Tätigkeiten.....	16
3.2	Befragung von und Interviews mit relevanten österreichischen F&E-Institutionen beziehungsweise Akteuren in der österreichischen Energie- und Umweltpolitik.....	17
3.3	Stakeholder-Workshop am 28. September 2023.....	18
3.4	Unterstützung bei der Erarbeitung und Identifizierung der FTI-Bedarfe in Österreich.....	23
3.5	Fazit.....	26
4	Zusammenfassung und Ausblick.....	27
	Literatur.....	30
	Abbildungsverzeichnis.....	32

# 1 Einleitung

Das CCUS-Thema (Carbon Capture, Utilisation and Storage) hat insbesondere im Rahmen der Diskussion und der Umsetzungsaktivitäten des Green Deal für die Erreichung der Klimaneutralität auf europäischer Ebene neue Dynamik erhalten. Im Zuge der Erarbeitung der europäischen „Industrial Carbon Management“-Strategie (ICM-Strategie) im Frühjahr 2024 wurden hier die CCUS-Technologien zusammengefasst. Damit wird – so die EU-Kommission – sichergestellt, dass auch Technologien zur CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre in den Strategieentwicklungen ausreichend berücksichtigt werden, um letztendlich Beiträge für die Erreichung der Klimaneutralität zu leisten.

Für dieses Projekt wurden insbesondere zwei europäische Initiativen analysiert:

- die bereits erwähnte Industrial-Carbon-Management-Strategie und
- Maßnahmen für die Stärkung des europäischen Ökosystems für die Fertigung von Netto-Null-Technologien.

Damit gewinnen sowohl die Forschung, Technologie und Innovation (FTI) als auch energie- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen für die Umsetzung dieser Strategie beziehungsweise Maßnahmen weitere Bedeutung in der EU und somit auch in den Mitgliedstaaten der EU.

International sind insbesondere die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) und die Tätigkeiten der Internationalen Energieagentur von Relevanz für Österreich. Auch auf internationaler Ebene verstärken sich die Aktivitäten bei den CCUS-Technologien als Teil der Anstrengungen für die Erreichung der weltweit vereinbarten Klimaziele.

Sowohl im europäischen als auch weltweiten Kontext zeichnete sich innerhalb der Projektlaufzeit ab, dass weitere Schwerpunkte bei CCUS-Technologien beziehungsweise Initiativen für die Umsetzung einer europäischen ICM-Strategie gesetzt werden. In deren Mittelpunkt stehen einerseits die Klimaneutralität und andererseits die Entwicklung von Lösungen für besonders betroffene Industriesektoren (Stichwort: Hard-to-abate-Sektoren), die sie beim Erreichen ihrer Emissionsreduktionsziele unterstützen.

Aufbauend auf Analysen der Entwicklungen auf europäischer und internationaler Ebene ist das zentrale Ziel dieses Projekts, die zukünftigen österreichischen Schwerpunkte für die Forschung und Entwicklung (F&E-Schwerpunkte) und die dazugehörigen FTI-Bedarfe im Themenbereich „Carbon Capture, Utilisation and Storage“ zu identifizieren. Hierzu wurden folgende Aktivitäten durchgeführt:

- Befragung von und Interviews mit relevanten österreichischen F&E-Institutionen beziehungsweise relevanten Akteuren im CCUS-Bereich
- Unterstützung bei der Erarbeitung der F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe im CCUS-Bereich
- Durchführung von Workshops, um einerseits über internationale/europäische Aktivitäten zu informieren und andererseits bestehende österreichische F&E-Aktivitäten vorzustellen sowie die zukünftigen F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe (weiter) abzustimmen und (weiter) zu spezifizieren
- Teilnahme bei relevanten nationalen, europäischen und internationalen Veranstaltungen
- Ad-hoc-Unterstützungen des BMK bei kurzfristigen Anfragen im Themenbereich CCUS

Zusammenfassend kann festgehalten, dass die Tätigkeiten gemäß Werkvertrag zeitgerecht abgewickelt wurden. In den nächsten Kapiteln werden die inhaltlichen Tätigkeiten im Detail ausgeführt.

## 2 Analyse der europäischen und internationalen Entwicklungen

### 2.1 Allgemein

Die Zusammenarbeit von Österreich auf europäischer und internationaler Ebene im Bereich Industrial Carbon Management wird als besonders wichtig eingestuft, sowohl hinsichtlich aktueller Entwicklungen in Technologie und Rechtsrahmen als auch hinsichtlich der Weiterführung zukünftiger Förder- und Forschungsprogramme. Industrielles Kohlenstoffmanagement umfasst dabei eine Reihe von Technologien zur Abscheidung, Speicherung, Beförderung und Nutzung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Industrie- und Energieerzeugungsanlagen sowie zur Entfernung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre.

Bereits in der Vergangenheit wurde von einer Reihe von österreichischen Unternehmen vorgeschlagen, dass F&E-Schwerpunkte und begleitende österreichische Projekte und Programme im CCUS-Bereich die Förderwahrscheinlichkeit bei Einreichungen auf EU-Ebene deutlich erhöhen könnten. Damit kann insbesondere das nationale Commitment zu diesem Technologiebereich gegenüber europäischen Förderstellen beziehungsweise europäischen Stakeholdern sichtbar gemacht werden.

Das CCUS-Thema (nunmehr Industrial-Carbon-Management-Strategie) hat insbesondere im Rahmen der Diskussion und der Umsetzungsaktivitäten des Green Deal für die Erreichung der Klimaneutralität auf europäischer Ebene neue Dynamik erhalten. Im Zuge der Erarbeitung der europäischen ICM-Strategie im Frühjahr 2024 wurden hier die CCUS-Technologien zusammengefasst. Damit wird – so die EU-Kommission – sichergestellt, dass auch Technologien zur CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre in den Strategieentwicklungen ausreichend berücksichtigt werden, um letztendlich Beiträge für die Erreichung der Klimaneutralität zu erzielen.

Nachfolgend werden die relevanten (geplanten) Gesetzespakete angeführt, die in den letzten zwei Jahren vonseiten der EU erarbeitet wurden:

- Verordnung (EU) 2024/1735 zur Schaffung eines Rahmens für Maßnahmen zur Stärkung des europäischen Ökosystems der Fertigung von Netto-Null-Technologien (Juni 2024)
- Mitteilung COM(2024) 62: Auf dem Weg zu einem ehrgeizigen industriellen CO<sub>2</sub>-Management in der EU (Februar 2024)
- Mitteilung COM(2024) 63: Europas Klimaziel für 2040 und Weg zur Klimaneutralität bis 2050 für eine nachhaltige, gerechte und wohlhabende Gesellschaft (Februar 2024)
- Verordnung (EU) 2021/1119 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität
- Novelle der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Oktober 2023)
- Vorschlag für eine Verordnung zur Schaffung eines Unionsrahmens für die Zertifizierung von CO<sub>2</sub>-Entnahmen {SEC(2022) 423 final} (November 2022)

Für dieses Projekt wurden in weiterer Folge zwei europäische Initiativen beziehungsweise Gesetzespakete als besonders wichtig eingestuft, die in der ersten Jahreshälfte 2024 von der EU-Kommission vorgestellt worden waren. Diese sind:

- die Industrial-Carbon-Management-Strategie und
- Maßnahmen für die Stärkung des europäischen Ökosystems für die Fertigung von Netto-Null-Technologien.

Damit gewinnen sowohl die FTI-Aktivitäten als auch energie- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen der Technologien der ICM-Strategie weiter an Bedeutung in der EU.

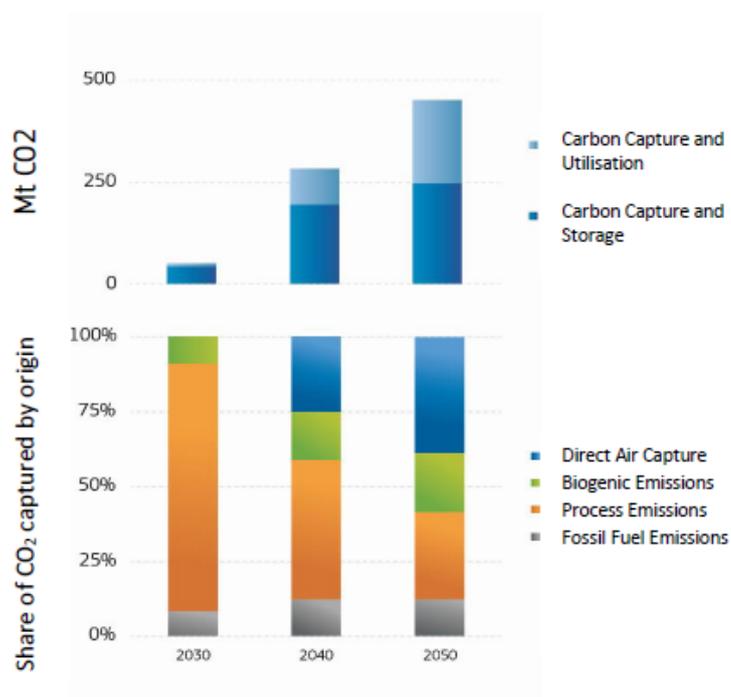
## 2.2 Die europäische Industrial-Carbon-Management-Strategie

Die Strategie basiert auf einer öffentlichen Konsultation, die im Jahr 2023 durchgeführt wurde, und baut auf den Bemühungen auf, die bereits im Rahmen des CCUS-Forums und von mehreren Mitgliedstaaten in diesem Bereich unternommen wurden. Derzeit haben 20 Mitgliedstaaten Lösungen für das industrielle Kohlenstoffmanagement in ihre Entwürfe für nationale Energie- und Klimapläne aufgenommen.

Um die empfohlene Netto-Emissionsreduzierung von 90 % bis 2040 und Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen, sind folgende CO<sub>2</sub>-Reduktionen mittels Carbon-Management-Technologien vorgesehen:

- mindestens 50 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr bis 2030,
- rund 280 Millionen Tonnen bis 2040 und
- rund 450 Millionen Tonnen bis 2050.

Abbildung 1: Abgeschiedene Mengen an CO<sub>2</sub> für die Speicherung und Nutzung in der EU (oben) und Anteil des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> nach Herkunft (unten)



Quelle: Mitteilung COM(2024) 62: Auf dem Weg zu einem ehrgeizigen industriellen CO<sub>2</sub>-Management in der EU (Februar 2024)

Die Zahlen in dieser Abbildung beruhen auf Modellierungen in der Folgenabschätzung für die Mitteilung über das EU-Klimaziel 2040 (SWD(2024) 63). Die Mengen an abgetrenntem, gespeichertem und genutztem CO<sub>2</sub> und die Anteile nach CO<sub>2</sub>-Ursprung sind abhängig vom jeweiligen Szenario. In dieser Abbildung sind Werte angegeben, die den Durchschnitt der Szenarien S2 und S3 in der Folgenabschätzung darstellen. Der

geringfügige Anstieg des Anteils des abgeschiedenen fossilen CO<sub>2</sub> im Jahr 2040 spiegelt einen breiteren Einsatz von Kraftwerken mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung in einem Kontext wider, in dem der Gesamtverbrauch fossiler Brennstoffe in Kraftwerken bis 2050 deutlich zurückgehen wird.

Die Strategie setzt dabei drei unterschiedliche Pfade:

- **Abscheidung von CO<sub>2</sub> zur Speicherung (CCS):** CO<sub>2</sub>-Emissionen fossilen, biogenen oder atmosphärischen Ursprungs werden abgeschieden und zur dauerhaften und sicheren geologischen Speicherung transportiert.
- **Entfernung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre:** Bei der dauerhaften Speicherung von biogenem oder atmosphärischem CO<sub>2</sub> wird der Atmosphäre Kohlenstoff entzogen.
- **Abscheidung von CO<sub>2</sub> zur Nutzung (CCU):** Die Industrie verwendet das abgeschiedene CO<sub>2</sub> für synthetische Produkte, Chemikalien oder Kraftstoffe. Während anfangs alle Arten von CO<sub>2</sub> verwendet werden, wird mit der Zeit eine strategische Ausrichtung der Verwertungsketten auf die Abscheidung von biogenem oder atmosphärischem CO<sub>2</sub> einen höheren Klimanutzen bringen.

Die zur Verfügung stehenden Technologien für diese drei Pfade werden vonseiten der EU-Kommission nicht weiter bewertet. Es werden damit weder weitere Empfehlungen bezüglich der Verfolgung eines bestimmten Pfads gegeben, noch werden Kriterien für den Einsatz von beispielsweise besonders effizienten und umweltschonenden Technologien in der Strategie angeführt.

Die Infrastruktur für den CO<sub>2</sub>-Transport wird als die wichtigste Voraussetzung für alle Pfade genannt. Wird das abgeschiedene CO<sub>2</sub> nicht direkt vor Ort genutzt, muss es transportiert und entweder in industriellen Prozessen verwendet (zum Beispiel für Bauprodukte, synthetische Brennstoffe, Kunststoffe oder andere Chemikalien) oder dauerhaft in geologischen Formationen gespeichert werden.

Ziel der Strategie ist es, die verschiedenen Politikbereiche zusammenzuführen, um ein günstiges Umfeld für die weitere Entwicklung und den Ausbau von Konzepten für das industrielle Kohlenstoffmanagement zu schaffen. Die Strategie beschreibt weiter den aktuellen Stand des industriellen Kohlenstoffmanagements, den angestrebten Weg bis 2050, den politischen Rahmen für industrielles Kohlenstoffmanagement und die notwendigen Voraussetzungen zur Unterstützung industrieller Kohlenstoffmanagementkonzepte.

Nachfolgend werden die Eckpunkte der Strategie in kurzer Form ausgeführt:

#### **Aufbau einer CO<sub>2</sub>-Transportinfrastruktur**

- Ausarbeitung eines Rechtsrahmens, eines Marktdesigns und eines Infrastruktur-Planungsmechanismus
- Festlegung von Regeln für die Emissionsbilanzierung im Rahmen des EU-Emissionshandelssystems, um den Transport von CO<sub>2</sub> zu ermöglichen
- Mindeststandards für CO<sub>2</sub>-Ströme, die für alle industriellen Kohlenstoffmanagementlösungen gelten
- Bewertung des Potenzials für die Wiederverwendung/Umwidmung bestehender Infrastruktur für CO<sub>2</sub>-Transport und -Speicherung
- Ernennung von europäischen Koordinatoren zur Unterstützung der frühzeitigen Entwicklung der Infrastruktur

#### **Förderung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung**

- Freiwillige Plattform zur Bedarfsermittlung und -bündelung, um CO<sub>2</sub>-Transportanbieter und -Speicheranbieter mit Emittenten zu verknüpfen
- Investitionsatlas für potenzielle CO<sub>2</sub>-Speicherstandorte

- Schritt-für-Schritt-Anleitung für Genehmigungsverfahren für strategische CCS-Netto-Null-Projekte
- Entwicklung sektoraler Roadmaps unter Nutzung der Plattform für den Wissensaustausch bei industriellen CCUS-Projekten

#### **Unterstützung der CO<sub>2</sub>-Entnahmen aus der Atmosphäre**

- Bewertung der Ziele der CO<sub>2</sub>-Entnahmen im Einklang mit dem Klimaziel für 2040
- Entwicklung politischer Optionen (inklusive Fördermaßnahmen) zur Unterstützung der industriellen Kohlenstoffabscheidung
- Förderung der Forschung, Innovation und Demonstration neuartiger industrieller Technologien durch „Horizon Europe“ und dem Innovationsfonds

#### **Förderung der Wiederverwendung des CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-Nutzung)**

- Förderung einer stärkeren Nutzung von nachhaltigem Kohlenstoff als Ressource in den Industriesektoren
- Nutzung der Plattform zum Wissensaustausch für industrielle CCU-Projekte, um gemeinsam mit der Industrie sektorspezifische Fahrpläne für CCU-Aktivitäten zu entwickeln
- Schaffung eines kohärenten Rahmens für alle industriellen Kohlenstoffmanagement-Aktivitäten, der den Klimanutzen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg genau widerspiegelt sowie Anreize für die Einführung innovativer und nachhaltiger dauerhafter und nicht dauerhafter CCU-Anwendungen schafft und gleichzeitig Hindernisse beseitigt

#### **Investitionen und Finanzierung:**

- Ab 2024:
  - Kooperation zwischen der EU-Kommission und den Mitgliedstaaten für die Gestaltung eines möglichen Projekts von gemeinsamem europäischem Interesse für CO<sub>2</sub>-Transportinfrastrukturen und -Speicherinfrastrukturen (über das Joint European Forum für IPCEI)
  - Möglichst baldiger Beginn des Prozesses unter Nutzung der bestehenden Plattform des CCUS-Forums, um eine gute Koordinierung zu gewährleisten, den Zeitplan festzulegen, die Fortschritte zu überwachen und das Momentum der Projektentwicklung beizubehalten
  - Erwägung der Einrichtung einer speziellen hochrangigen Plattform für die Zeit nach 2030
- Bis 2025: Überprüfung, ob bestimmte CO<sub>2</sub>-Abscheidungsanlagen, wie zum Beispiel in den Zement- oder Kalkproduktionsanlagen, ausgereift genug sind und ein ausreichender Wettbewerb zu erwarten ist, um von der projektbezogenen Zuschussförderung zu einem marktorientierten Finanzierungsmechanismus überzugehen (etwa in Form von wettbewerbsorientierten Ausschreibungen als Dienstleistung im Rahmen des Innovationsfonds)
- Ab 2024: Zusammenarbeit mit der Europäischen Investitionsbank bei der Finanzierung von CCS- und CCU-Projekten
- Erleichterung des Investitionsbedarfs im Bereich des industriellen Kohlenstoffmanagements bis 2040 und 2050, unter anderem durch intelligente Nutzung öffentlicher Mittel zur Mobilisierung privater Investitionen

Bei diesem Punkt wird in der Strategie auf weitere Förderungs- und Finanzierungsinstrumente, wie EU ETS Innovation Fund, Connecting Europe Facility (CEF) für Energie und Recovery and Resilience Facility, verwiesen. Ebenso werden auch Carbon Contracts for Difference (CCfD) und andere Finanzierungsmöglichkeiten für industrielle CCUS-Projekte angesprochen.

## Forschung und Innovation (F&I)

- Aufbau einer neuen Plattform für die Zusammenarbeit und den Wissensaustausch für industrielle CCUS-Projekte
- Fortführung der F&I für industrielle Carbon-Management-Technologien einschließlich der Optimierung der Energie- und Kosteneffizienz von relevanten Prozessen und Verfahren
- Pränormative Forschung als Beitrag zur Fortführung der Normungstätigkeiten bei den Carbon-Management-Technologien

## Grenzüberschreitende und internationale Zusammenarbeit

- Verbesserte internationale Zusammenarbeit, um eine harmonisierte Berichterstattung und ein einheitliches „Accounting“ über industrielle Kohlenstoffmanagementaktivitäten zu erreichen, damit diese im Rahmen des UNFCCC-Transparenzrahmens einheitlich erfasst werden (siehe hierzu auch Kapitel 2.4)
- Erarbeitung von internationalen Regelungen für die Kohlenstoffbepreisung, um die notwendigen Emissionsverringerungen in den Hard-to-abate-Sektoren zu erreichen

Bezüglich der **Public Awareness** von Carbon-Management-Projekten unterstützt die EU-Kommission die Mitgliedstaaten, um unter anderem generell das Wissen und das Bewusstsein in der öffentlichen Debatte zu verbessern.

Weitere Details der Strategie kann dem folgenden Link entnommen werden: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52024DC0062>.

## 2.3 EU-Verordnung zur Schaffung eines Rahmens für Maßnahmen zur Stärkung des europäischen Ökosystems der Fertigung von Netto-Null-Technologien

Die Verordnung soll die Widerstandsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Netto-Null-Technologien in der EU stärken und das Energiesystem der Zukunft somit sicherer und nachhaltiger machen. Die Verordnung schafft bessere Bedingungen für Netto-Null-Projekte in Europa und es sollen Investitionen in der EU gestärkt werden. Das quantitative Ziel der Verordnung ist, dass mindestens 40 % der Produktionskapazität dieser Technologien bis 2030 in der EU erzielt werden.

Die Verordnung betrifft Technologien, die einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung beziehungsweise zur Erreichung der Klimaneutralität leisten werden. Dazu gehören: Photovoltaik und Solarthermie, Onshore-Windkraft und erneuerbare Offshore-Energieträger, Batterien und Speicher, Wärmepumpen und Geothermie, Elektrolyseure und Brennstoffzellen, Biogas/Biomethan, **Kohlenstoffdioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung** sowie Netztechnologien, nachhaltige Technologien für alternative Kraftstoffe, fortschrittliche Technologien zur Erzeugung von Energie aus nuklearen Prozessen mit minimalen Abfällen aus dem Brennstoffkreislauf und kleine modulare Reaktoren. Diese Technologien werden besonders gefördert und unterliegen dem oben angeführten Produktions-Benchmark von 40 %.

Die Verordnung stützt sich auf die folgenden Maßnahmen:

**Schaffung günstiger Rahmenbedingungen:** Die Bedingungen für Investitionen in Netto-Null-Technologien sollen verbessert werden, indem der Informationsstand verbessert, der Verwaltungsaufwand für Projekte verringert und die Genehmigungsverfahren vereinfacht werden. Darüber hinaus wird vorgeschlagen,

strategischen Netto-Null-Projekten bei deren Realisierung Vorrang einzuräumen, einschließlich Anlagen zur sicheren Speicherung von CO<sub>2</sub>-Emissionen.

**Beschleunigung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung:** In der Verordnung wird das EU-Ziel festgelegt, bis 2030 eine jährliche Injektionskapazität von 50 Millionen Tonnen in strategischen CO<sub>2</sub>-Speicherstätten in der EU zu erreichen. Damit wird ein wesentliches Hindernis für die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung als wirtschaftlich tragfähige Lösung für den Klimaschutz beseitigt, insbesondere für energieintensive Sektoren, die nur schwer zu dekarbonisieren sind.

**Erleichterung des Marktzugangs:** Um die Diversifizierung des Angebots für Netto-Null-Technologien zu fördern, sollen diese Technologien bei öffentlichen Ausschreibungen und Auktionen vorrangig berücksichtigt werden.

**Plattform für ein Netto-Null-Technologien und Kompetenzaufbau:** Die Verordnung zielt auf Maßnahmen ab, die die Qualifizierung von Arbeitskräften für Netto-Null-Technologien unterstützt, einschließlich der Einrichtung von Net-Zero-Industrie-Akademien, die von der Net-Zero Europe Platform (siehe unten) beaufsichtigt werden. Diese sollen zu hochwertigen Arbeitsplätzen in den relevanten Sektoren beitragen.

**Innovation:** Der Rechtsakt ermöglicht es den Mitgliedstaaten, unter flexiblen rechtlichen Bedingungen Reallabore einzurichten, um innovative Netto-Null-Technologien zu testen und Innovationen zu fördern.

Eine „Net-Zero Europe“-Plattform wird die Kommission und die Mitgliedstaaten dabei unterstützen, Maßnahmen zu koordinieren und Informationen auszutauschen, auch im Hinblick auf Net-Zero-Industriepartnerschaften. Die Kommission und die Mitgliedstaaten arbeiten zusammen, um die Verfügbarkeit von Daten zur Überwachung der Fortschritte im Hinblick auf die Ziele des Net-Zero Industry Act sicherzustellen. Die Net-Zero-Europe-Plattform unterstützt Investitionen, indem der Finanzbedarf festgestellt, etwaige Engpässe analysiert und Projekte in der gesamten EU initiiert werden. Die Plattform fördert weitere Kontakte zwischen den europäischen Net-Zero-Sektoren und greift dabei auf bestehende Industrieallianzen zurück.

Weitere Details der Verordnung kann dem folgenden Link entnommen werden: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52024DC0062>.

## 2.4 Internationale Aktivitäten

International ist insbesondere die **Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC)** für Österreich von Relevanz. Die Vertragsstaaten unter der Klimarahmenkonvention treffen sich jährlich zu Vertragsstaatenkonferenzen (Conference of the Parties, COP). Bei diesen Konferenzen kommen Vertreter:innen der Vertragsstaaten zusammen, um über globale Maßnahmen gegen den Klimawandel zu beraten und zu verhandeln.

**National Determined Contributions (NDCs)** sind das Herzstück des Pariser Abkommens (aus dem Jahr 2015) für die Erreichung der langfristigen weltweiten Klimaziele (Stichwort: Die globale Erwärmung soll deutlich unter zwei Grad Celsius bleiben und möglichst nur 1,5 Grad Celsius betragen). Die NDCs verkörpern die Bemühungen jedes Landes zur Reduzierung der nationalen Emissionen und zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels. Das Pariser Abkommen verlangt unter anderem von jeder Vertragspartei, dass sie sukzessive national festgelegte Beiträge (NDCs) ausarbeitet, mitteilt und aufrechterhält, die sie zu erreichen beabsichtigt. Die Vertragsparteien müssen innerstaatliche Minderungsmaßnahmen ergreifen, um die Ziele dieser Beiträge zu verwirklichen.

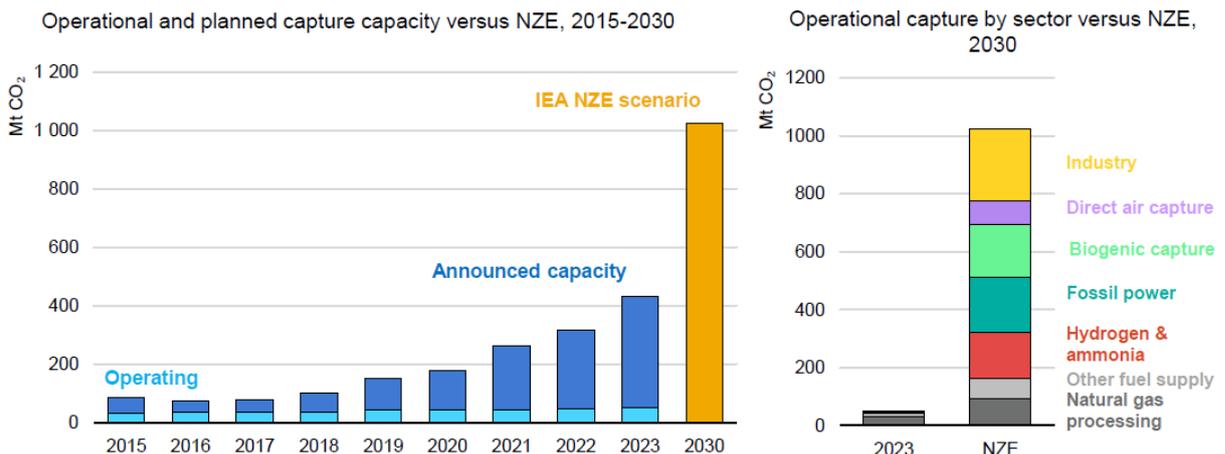
Mit Ende März 2024 haben 71 Länder NDCs übermittelt, 48 davon enthielten Maßnahmen im CCS-Bereich. Damit setzen zwei Drittel der Länder auf CCS-Technologien.

Neben den Vereinbarungen der Vereinten Nationen sind insbesondere die Aktivitäten der **Internationalen Energieagentur** im CCUS für Österreich von Relevanz.

Das Net-Zero-Emission-Szenario bis 2050 zeigt den Weg auf, wie der globale Energiesektor bis 2050 Netto-Null-Treibhausgasemissionen erreichen kann, wobei die fortgeschrittenen Volkswirtschaften die Netto-Null-Emissionen früher als andere erreichen. Dieses Szenario erfüllt auch wichtige energiebezogene Ziele für die nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals – SDGs), insbesondere den universellen Energiezugang bis 2030 und erhebliche Verbesserungen der Luftqualität. Das Szenario steht im Einklang mit der Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5 Grad Celsius (mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 50 %) und stimmt mit den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) basierend auf dem Sechsten Sachstandsbericht überein.

In der untenstehenden Abbildung wird der Beitrag von CCUS-Technologien mit über 1.000 Millionen Tonnen bis 2030 im Net-Zero-Emission-Szenario (NZE-Szenario) aufgezeigt (siehe Abbildung 2). Im Jahr 2023 wurden zwar eine Reihe von Projektplanungen bekannt gegeben (über 400 Millionen Tonnen), realisiert wurden davon allerdings bis 2023 Projekte mit rund 20 Millionen Tonnen.

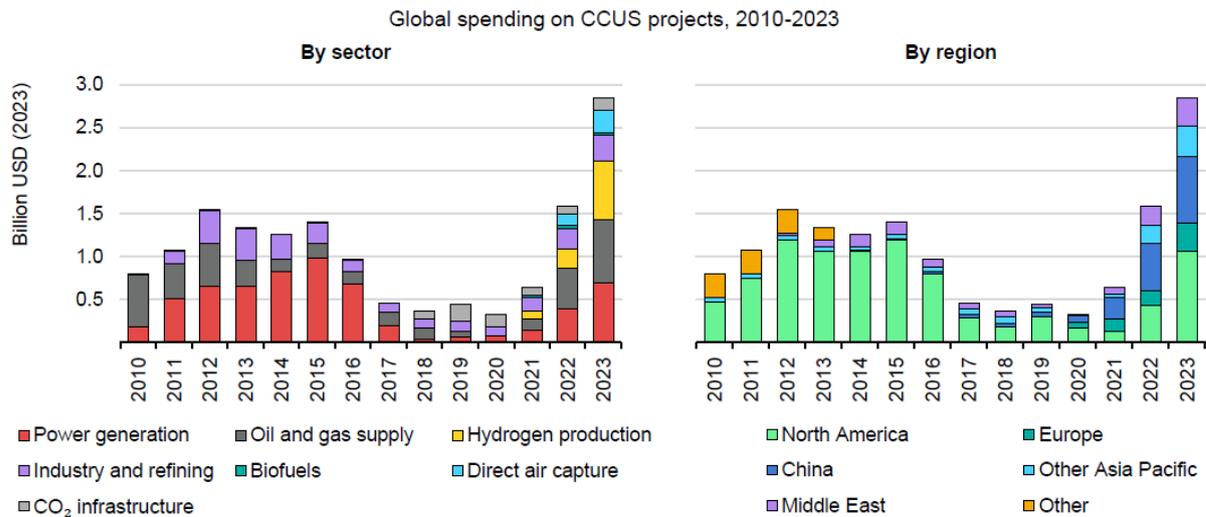
Abbildung 2: Geplante und erzielte Abscheidekapazitäten in CCUS-Projekten im Vergleich zu den Annahmen im IEA-NZE-Szenario (links); operative Verteilung der Abscheidekapazitäten nach Sektoren wiederum im Vergleich zum NZE-Szenario (rechts)



Quelle: Internationale Energieagentur, Juni 2024

Gemäß den Daten der IEA sind im Jahr 2023 knapp 3 Milliarden US-Dollar in CCUS-Projekten investiert worden. Führend bei den Investitionen sind die USA (mit über 1 Milliarde US-Dollar).

Abbildung 3: Weltweite Investitionen in CCUS-Projekte



Quelle: Internationale Energieagentur, Juni 2024

Zwischen den Projektionen der IEA im Net-Zero-Emission-Szenario und dem Ist-Stand bei der Umsetzung von CCUS-Projekten existiert eine sehr große Lücke. Vonseiten der IEA werden die folgenden Empfehlungen für die die weitere Entwicklung und (schnellere) Umsetzung von CCUS-Projekten ausgesprochen:

#### Entwicklung und Förderung von CO<sub>2</sub>-Hubs und von gemeinsamen CO<sub>2</sub>-Netzen

CCUS-Hubs können die Infrastrukturkosten auf mehrere Emittenten verteilen und somit Skaleneffekte erzielen. Damit können auch jene Emittenten erreicht werden, die in kleinerem Maßstab (< 100.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr) oder weiter entfernt von CO<sub>2</sub>-Speicherstätten sind. Die Regierungen sollten bei der Entwicklung von CO<sub>2</sub>-Hubs eine aktive Rolle einnehmen, indem sie die Zusammenarbeit der verschiedenen Sektoren (zum Beispiel Emittenten der Industrie, Kraftwerke, et cetera) fördern.

Die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen sollten so gestaltet werden, dass Infrastrukturnetze aufgebaut werden, die einen diskriminierungsfreien offenen Zugang ermöglichen und Anforderungen an die Kostenteilung festlegen.

#### Beschleunigung der Vorlaufzeiten für die Realisierung von CCUS-Projekten

Bei CCUS-Projekten handelt es sich üblicherweise um große Infrastrukturprojekte, deren Entwicklung bis zu zehn Jahre dauern kann, an denen zahlreiche Interessensgruppen beteiligt sind und bei denen häufig mehrere Regulierungssysteme gelten, die die Zeit bis zur Inbetriebnahme verlängern. Wenn diese nicht im Vorfeld mitbetrachtet werden, können diese erwartbaren langen Vorlaufzeiten die kurzfristigen Klimaziele gefährden und die Erreichung der langfristigen Ziele erschweren und verteuern. Die Regierungen können die Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren beschleunigen, indem:

- ein klarer Zeitplan für die Genehmigung und für einen Rechtsrahmen für die Anforderungen an CCUS-Projekte festgelegt wird;
- Regulierungsbehörden als zentrale Anlaufstelle für alle Genehmigungsaktivitäten benannt werden, die die erforderlichen Anforderungen koordinieren sowie
- Kapazitäten zur Unterstützung der Aufsichtsbehörden aufgebaut werden und sichergestellt wird, dass die Aufsichtsbehörden mit angemessenen Mitteln ausgestattet sind. Es ist von entscheidender Bedeutung,

dass die Behörden über ausreichende Mittel, Personal und Fachwissen verfügen, um die Umsetzung der CCUS-Vorschriften zu überwachen.

### **Implementierung eines Portfolios an Maßnahmen zur Förderung von Investitionen**

Regierungen können ihr strategisches Interesse an CCUS dahingehend signalisieren, indem sie CCUS in die nationalen Energie- und Klimastrategien oder in ihre NDCs (im Rahmen des Pariser Abkommens) aufnehmen. Sie sollten ein günstiges Umfeld für CCUS-Projekte schaffen, zum Beispiel durch die Einführung von Kapitalzuschüssen zur Senkung der Vorlaufkosten, durch Darlehen und Darlehensbürgschaften für den Zugang zu Fremdkapital und durch Steuergutschriften zur Deckung der Kapital- und Betriebskosten. Das Portfolio sollte weiters F&E-Finanzierungen zur Kostensenkung von innovativen Projekten enthalten. Weitere Möglichkeiten sind: Carbon Contracts for Difference, öffentliche Beschaffungsprogramme für emissionsarme Produkte/Brennstoffe, um auch nachfrageseitige Wirkungen zu generieren. Insbesondere für die Hard-to-abate-Sektoren sollten die Regierungen entsprechende Maßnahmen ergreifen, um die Einführung von CCUS zu unterstützen.

### **Entwicklung von Geschäftsmodellen zur Unterstützung des CO<sub>2</sub>-Managements und Bildung von Koalitionen mit dem Ziel einer branchenübergreifenden Koordinierung**

Neue Geschäftsmodelle und Implementierungskonzepte für CO<sub>2</sub>-Management sollten entwickelt werden, um eine schnelle Implementierung von CCUS erleichtern. Dazu gehören der Aufbau von CO<sub>2</sub>-Management-Infrastrukturen sowie die Entwicklung von Geschäftsmodellen für CO<sub>2</sub>-Abscheidung, -Transport und -Speicherung, bei denen jeder Teil der Kette als von Dritten betriebene Dienstleistung angeboten wird. Optionen für die CO<sub>2</sub>-Nutzung sollten ausgebaut werden, um CCUS-Anlagen eine Einnahmequelle zu verschaffen. Zusätzlich zur engen Zusammenarbeit mit den Regierungen sollten die relevanten industriellen Sektoren Netzwerke aufbauen, die den Auf- und Ausbau von CO<sub>2</sub>-Hubs erleichtern.

## **2.5 Durchgeführte Aktivitäten**

Gemäß Vertrag wurden folgende Aktivitäten durchgeführt:

- Identifizierung und Analyse der relevanten europäischen und internationalen Publikationen, Richtlinien und Verordnungen
- Teilnahme an der Public Consultation zum Thema: „CCUS als Basis für eine zukünftige EU-Strategie ‚On Industrial Carbon Management‘“, Juli 2023
- Teilnahme an der CCUS-Arbeitsgruppe: Public Perception (initiiert vom CCUS-Forum), Mitarbeit am Bericht dieser Arbeitsgruppe, mehrere Meetings im Herbst 2023 (Onlineteilnahmen)
- Teilnahme am CCUS-Forum, 27.–28. November 2023 (online)
- Teilnahme an der Working Party for Fossil Energy am 22. Juni 2023 und am 28. November 2023 (jeweils online); bis auf Weiteres gab es keine Meetings dieser Working Party aufgrund von Umstrukturierungsprozessen beziehungsweise von Strategieüberlegungen des IEA-Sekretariats innerhalb der Projektlaufzeit
- Teilnahme an der IEA TCP Coordination Group on Carbon Management (CGCM), Mai 2024

Ein wesentlicher Bestandteil der Projektarbeiten war die Organisation eines Workshops am 6. Juni 2024. Der Titel lautete: **CO<sub>2</sub>-Abscheidung, -Nutzung und -Speicherung für die Erreichung der zukünftigen Klimaziele**. Der Workshop richtete sich vornehmlich an österreichische Stakeholder aus Wirtschaft, Industrie, Wissenschaft sowie Verwaltung und hatte die folgenden Ziele:

- Vorstellung der internationalen, europäischen und nationalen Zielsetzungen und Empfehlungen für die Erreichung der zukünftigen Klimaziele
- Diskussion der neuen Industrial-Carbon-Management-Strategie der EU
- Präsentation aktueller europäischer und nationaler Projekte
- Analyse der F&E-Initiativen bei den CCUS-Technologien
- Information und Möglichkeit der Interaktion der Teilnehmer:innen über die aktuellen weltweiten, europäischen und nationalen Initiativen und Projekte

Die folgenden Inhalte und Themenschwerpunkte wurden präsentiert und diskutiert:

- **Einleitung**, Günter Simader (Österreichische Energieagentur – AEA)
- **Die Rolle von CCUS für die Erreichung des 1,5-Grad-Celsius-Ziels**, Simon Bennett (International Energy Agency – IEA)
- **The European Industrial Carbon Management (ICM) Strategy and other ICM-related activities of the European Union**, Augustijn Van-Haasteren (DG Energy, European Commission)
- **Assessing the Realistic Potential of Carbon Dioxide Removal and its Contribution to Achieving Climate Neutrality, The European NEGEM Project**, Mark Preston Aragonès, Allana Paul (Bellona Europe)
- **Carbon Management in Österreich**, Moritz Tiefenthaler (Abteilung für Allgemeine Klimapolitik, BMK)
- **Aktuelle FTI-Initiativen und -Programme des Bundesministeriums für Klimaschutz**, Arno Gatteringer (Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, BMK)
- **CCUS-Projekte des Unternehmens Rohrdorfer Zement**, Helmut Leibinger (Net Zero Emission Labs GmbH)
- Diskussion

Die Veranstaltung wurde auf den sozialen Netzwerken beworben. Das Interesse an dieser Veranstaltung war sehr groß, insgesamt gab es 117 Anmeldungen für diesen Workshop (inklusive der Referent:innen). Die Präsentationen der Referent:innen stehen sowohl auf der Website der Österreichischen Energieagentur als auch auf der Website von Nachhaltig Wirtschaften als Download zur Verfügung ([Workshop: CO<sub>2</sub>-Abscheidung, -Nutzung und -Speicherung für die Erreichung der zukünftigen Klimaziele – IEA-Forschungskooperation; nachhaltigwirtschaften.at](#)).

In der Diskussion standen die folgenden Punkte im Vordergrund:

- Die langen Vorlaufzeiten für die Errichtung der CO<sub>2</sub>-Lagerstätten stellen ein Problem bei der Realisierung von Projekten dar.
- In den USA wird in den nächsten Jahren die Realisierung von zahlreichen Projekten erwartet, andere Länder können von den Erfahrungen (inklusive Finanzierungsmechanismen) lernen.
- Bezüglich der Finanzierung wurde angesprochen, dass der Emissionshandel für CCUS-Projekte genutzt werden sollte und entsprechende Regelungen dahingehend adaptiert werden sollten.
- Die Transportinfrastruktur sollte national und auch auf europäischer Ebene rasch ausgebaut werden; die fehlende CO<sub>2</sub>-Transportinfrastruktur wird als Flaschenhals für die Realisierung von Projekten eingestuft.
- Bei der Finanzierung der CO<sub>2</sub>-Infrastruktur und der CO<sub>2</sub>-Lagerstätten muss in Vorlage getreten werden. Hierfür müssen entsprechende Investitionen vorab getätigt werden, damit bei der Projektrealisierung genügend Kapazitäten zur Verfügung stehen. Die Finanzierung dieser Investitionen muss geregelt werden; generell müssen bei der Transportinfrastruktur die erforderlichen Regulierungen geschaffen werden.
- Für die Erarbeitung eines Abrechnungssystems beim CO<sub>2</sub>-Transport beziehungsweise der Aufteilung der anfallenden Kosten wurden verschiedene Möglichkeiten andiskutiert; hierfür sind noch eine Reihe von Vorarbeiten auch auf EU-Ebene erforderlich.

- Neben dem CO<sub>2</sub>-Transport in Gasnetzen wurden auch andere Transportoptionen mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen angesprochen.
- Bezüglich der CO<sub>2</sub>-Capture-Prozesse wurde auf eine Reihe von unterschiedlichen Verfahren verwiesen, die in den letzten Jahren entwickelt wurden, mit sehr unterschiedlichen Vor- und Nachteilen.
- Die Rechtslage der CO<sub>2</sub>-Speicherung wurde angesprochen, auch in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Zwischenspeicherung im Falle der Produktion von E-Fuels. Hierzu wurde ein bilateraler Besprechungstermin zwischen den Akteuren vereinbart.
- Bezüglich der Einstufung und Definition der Hard-to-abate-Sektoren wird davon ausgegangen, dass die Zementindustrie und Müllverbrennungsanlagen jedenfalls darunter fallen. Hinsichtlich weiterer Sektoren wird aktuell in Österreich noch diskutiert, ebenso zur Frage, ob ganze Sektoren oder einzelne Prozesse als hard to abate eingestuft werden und welche rechtlichen Konsequenzen das haben wird.
- Die Vorstellung des CCUS-Projekts des Unternehmens Rohrdorfer führte zu einer Reihe von Fragen sowohl im technischen Bereich als auch bei den Energiebedarfen, weiters auch hinsichtlich der erforderlichen Infrastruktur am Standort.

## 2.6 Fazit

Wie diesem Kapitel entnommen werden kann, verstärken sich die Aktivitäten auf europäischer und internationaler Ebene. So wird zunehmend auf die CCUS-Technologien beziehungsweise auf Technologien der Industrial-Carbon-Management-Strategie gesetzt, um die mittel- bis langfristigen Klimaziele zu erreichen (Stichwort: Netto-Null-Emissionen).

Vonseiten der EU wurden zahlreiche Initiativen und Gesetzesvorlagen in den letzten Jahren auf den Weg gebracht. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Technologien der ICM-Strategie nunmehr eine zentrale Rolle einnehmen, um das EU-Ziel der Klimaneutralität (Stichwort: Erreichung der Netto-Null-Emissionen) zu verwirklichen.

Standen bis dato CCUS-Technologien in den strategischen Überlegungen im Umfeld der Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern beziehungsweise von Hard-to-abate-Sektoren im Vordergrund, werden nunmehr auch Technologien berücksichtigt, die dezidiert für die CO<sub>2</sub>-Entnahmen aus der Atmosphäre zur Erreichung von negativen Emissionen eingesetzt werden können (Stichworte: Direct Air Carbon Capture and Storage/DACCS, Biomass Energy Carbon Capture and Storage/BECCS et cetera).

Bis zum Jahr 2050 sollen diese Technologien in Europa rund 450 Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub> reduzieren, 40 Prozent sollen durch Direct Air Capture (DAC) beitragen. Insbesondere bei diesen Technologien gibt es einerseits noch hohen Entwicklungsbedarf, andererseits ist der Energiebedarf für das CO<sub>2</sub>-Capturing sehr hoch. Derzeitige Projekte haben eine Abscheideleistung von rund 10.000 bis 20.000 Tonnen pro Jahr. Das Scaling-up der DAC-Technologien wird als besonders herausfordernd eingestuft, sowohl hinsichtlich der Technik als auch der Bereitstellung der erforderlichen Infrastruktur.

Auf internationaler Ebene nehmen CCUS-Technologien eine stärkere Rolle ein. Mit Ende März 2024 haben 71 Länder National Determined Contributions (NDCs) im Zuge des Paris-Übereinkommens übermittelt, 48 davon enthielten Maßnahmen im CCS-Bereich. Damit setzen zwei Drittel der Länder auf CCS-Technologien. Im Net-Zero-Emission-Szenario der IEA wird davon ausgegangen, dass CCUS-Technologien mit über 1.000 Millionen Tonnen bis 2030 beitragen werden.

# 3 Analyse bestehender F&E-Aktivitäten und Identifizierung zukünftiger F&E-Schwerpunkte für Österreich

## 3.1 Durchgeführte Tätigkeiten

In diesem Teil des Projekts stand die Identifizierung zukünftiger F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe im Vordergrund. Hierzu wurden folgende Tätigkeiten durchgeführt:

- Befragung von und Interviews mit relevanten österreichischen F&E-Institutionen beziehungsweise Akteuren in der österreichischen FTI-Landschaft
- Teilnahme an relevanten nationalen Veranstaltungen
  - Carbon Capture Forum; „CCU/CCS – Infrastruktur und rechtliche Rahmenbedingungen“ am 15. Juni 2023
  - Zukunftsforum: „Grünes Gas“ am 21. Juni 2023
  - Carbon Capture Forum: „CCU und CCS als wesentliche Bestandteile einer Carbon-Management-Strategie“ am 15. September 2023
  - Teilnahme am Zukunftsforum: „Grünes Gas“ am 22. Mai 2024
- Organisation eines Workshops mit dem Titel „CCUS-Schwerpunkte in den zukünftigen österreichischen FTI-Aktivitäten“ am 28. September 2023
- Unterstützung bei der Erarbeitung der F&E-Schwerpunkte und der FTI-Bedarfe in Kooperation mit dem BMK und Unterstützung bei der FFG-Ausschreibung „Energieforschung im Kontext einer Forschungsdienstleistung im CCUS-Bereich“ im Herbst 2023
- Mitarbeit in der Arbeitsgruppe an der Carbon-Management-Strategie Österreichs: „Technisches Carbon Dioxide Removal (CDR)“ im Frühjahr 2024
- Unterstützung bei der Stellungnahme zum Evaluierungsbericht der Bundesregierung zum Bundesgesetz über das Verbot der geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid im Sommer 2023
- Teilnahme am BMK-Workshop „FTI-Bedarfserhebung Energiewende – Workshop zu Innovationszielen“ im BMK am 23.10.2023

Die Ergebnisse für die Identifizierung der österreichischen F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe wurden dem BMK in einem Zwischenbericht bereits Ende 2023 übermittelt. Weitere Details können diesem Bericht entnommen werden. In weiterer Folge werden diese Tätigkeiten in kurzer Form nochmals ausgeführt.

## 3.2 Befragung von und Interviews mit relevanten österreichischen F&E-Institutionen beziehungsweise Akteuren in der österreichischen Energie- und Umweltpolitik

Für die Befragung von relevanten Stakeholdern wurden insbesondere Institutionen und Unternehmen identifiziert, die in den letzten Jahren bereits F&E-Projekte durchgeführt haben oder Interessenslagen für zukünftige Projekte zum Ausdruck gebracht haben.

- Montanuniversität Leoben – Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Markus Lehner, Arbeitsgruppenleiter „Energieverfahrenstechnik“
- Montanuniversität Leoben – Lehrstuhl für Reservoir Engineering: Univ.-Prof. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Holger Ott, Leiter des Lehrstuhls für Reservoir Engineering
- Technische Universität Wien: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Harasek, Leitung der Fachbereiche CO2Refinery und Thermische Verfahrenstechnik und Simulation
- Universität für Bodenkultur: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Tobias Pröll, Stellvertretende Leitung des Instituts für Verfahrens- und Energietechnik
- Gas Connect Austria: Dipl.-Ing. Dr. Michael Zakaria, Senior Expert Innovation
- TÜV AUSTRIA GmbH – Industry & Energy Austria: Walter Koch, Leiter des Kompetenzzentrums Energie & Klima
- RAG Austria AG: Verena Friedl, Dipl.-Ing. Siegfried Kiss, Dr. Markus Kainz, Business Development (Leitung: Dipl.-Ing. Kiss)
- Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ): Dipl.-Ing. Sebastian Spaun, Geschäftsführer
- Geosphere Austria – Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie: Dipl.-Ing. Jakob Kulich, Geophysiker, Kompetenzeinheit Geoenergie
- Austrian Gas Grid Management (AGGM): Peter Jurek, Regulatorische Angelegenheiten und Kommunikation
- Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz/JKU (Konsortialführer des Projekts „Austria’s Climate Neutrality: An In-depth Evaluation of the Potential Contribution of CCU and CCS for the Austrian Long-term Climate Goals – CACTUS): Valerie Rodin, MSc., Kontaktperson für das CACTUS-Projekt und identifizierte Kontaktperson für CCUS-Aktivitäten der JKU
- Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW): Mag. Michael Mock (Geschäftsführer), Dipl.-Ing. Sascha Grimm, Ing. Bernhard Pichler, MSc.

In diesem Zusammenhang wurden auch die Ergebnisse des Vorgängerprojekts inkludiert. In diesem Projekt wurden Positionen von den folgenden Unternehmen unter anderem eingeholt: OMV, Borealis, Wien Energie, voestalpine und Magnesita.

### Befragungsschwerpunkte und Ergebnisse

Inhaltlich wurden mit den Institutionen und Unternehmen einerseits über die generelle Ausrichtung möglicher zukünftiger F&E-Schwerpunkte diskutiert, andererseits wurde über spezifische Fragestellungen, die im jeweiligen Institut/Unternehmen untersucht werden, gesprochen.

Folgende Fragestellungen wurden vorab zu den Interviews übermittelt:

- Welche F&E-Aktivitäten werden in Ihrem Institut in diesem Gebiet durchgeführt, welches Technology Readiness Level (TRL) würden Sie diesen Entwicklungen zuordnen?

- Welche F&E-Schwerpunkte beziehungsweise -Aktivitäten – die entsprechenden Fördermöglichkeiten vorausgesetzt – stehen bei Ihnen in den nächsten Jahren auf dem Programm?
- Welche F&E-Aktivitäten sollte vonseiten Österreichs jedenfalls zukünftig forciert werden?

Weiters Fragestellungen zur zukünftigen Ausrichtung des CCU-Themengebiets in Österreich:

- Welche Schwerpunkte sollen bei der CO<sub>2</sub>-Nutzung zukünftig gesetzt werden? (mit folgenden Auswahlmöglichkeiten: bei langlebigen Produkten – Baustoffe, Kunststoffe; bei Chemikalien; bei synthetischen Brenn- beziehungsweise Kraftstoffen; bei Lebensmitteln oder anderen Nutzungen)
- Der Transport von CO<sub>2</sub> hat bereits sehr hohe TRL-Levels erreicht. Gibt es im Transportbereich von CO<sub>2</sub> noch F&E-Bedarf aus Ihrer Sicht? Wenn ja, welchen?
- Welche Barrieren sollten auf alle Fälle mittels der F&E-Schwerpunkte angegangen werden?
- Welche F&E-Schwerpunkte sollten aus Ihrer Sicht in Österreich zukünftig auf alle Fälle gesetzt werden?

### 3.3 Stakeholder-Workshop am 28. September 2023

Aufbauend auf den durchgeführten Interviews wurde am 28.09.2023 ein Workshop zum Thema „**CCUS-Schwerpunkte in den zukünftigen österreichischen FTI-Aktivitäten**“ organisiert. Bei dieser Veranstaltung wurden die wichtigsten Forschungsaktivitäten führender F&E-Institutionen vorgestellt und Empfehlungen für FTI-Aktivitäten vonseiten der Institutionen diskutiert und erarbeitet. Im Anschluss folgte eine darauf aufbauende Diskussion zwischen den insgesamt 48 Workshop-Teilnehmer:innen.

Inhaltlich war der Workshop folgendermaßen aufgebaut:

- **Einleitung**, Dipl.-Ing. Arno Gattinger, Bundesministerium für Klimaschutz (BMK)
- **CCU-Aktivitäten des Lehrstuhls für Verfahrenstechnik**, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Markus Lehner, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik (Montanuniversität Leoben)
- **Vorstellung der F&E-Aktivitäten des Fachbereichs CO<sub>2</sub>Refinery der TU Wien**, Univ.-Prof. DI Dr. Michael Harasek, Thermische Verfahrenstechnik & Fachbereich CO<sub>2</sub>Refinery (TU-Wien)
- **CCUS-Aktivitäten des Instituts für Verfahrens- und Energietechnik (BOKU)**, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Tobias Pröll und Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Soja, MSc., Institut für Verfahrens- und Energietechnik (Universität für Bodenkultur – BOKU)
- **F&E-Aktivitäten im Themenfeld Carbon Storage**, Univ.-Prof. Dr. Holger Ott, Reservoir Engineering (Montanuniversität Leoben)
- **Diskussionsrunde: zukünftige F&E-Aktivitäten in Österreich**; alle Teilnehmer:innen, mit einer Einleitung von Dipl.-Ing. Arno Gattinger
- **Wrap-up und Ausblick**, Dipl.-Ing. Arno Gattinger & Dipl.-Ing. Dr. Günter Simader (Österreichische Energieagentur)

Die einzelnen Vertreter gaben Einblicke in ihre Forschungsarbeiten im Themenbereich CCUS. Die Foliensätze der Präsentationen sind unter [nachhaltigwirtschaften.at/de/veranstaltungen/2023/20230928-ccus-stakeholder-treffen.php](https://nachhaltigwirtschaften.at/de/veranstaltungen/2023/20230928-ccus-stakeholder-treffen.php) abrufbar.

Nachfolgend werden die Inputs der Teilnehmer:innen zusammengefasst.

**Einleitung: Dipl.-Ing. Arno Gattinger, BMK**

Herr Gattinger führt in seinem Eingangsstatement die FTI-Initiative für die Transformation der Industrie des Bundesministeriums für Klimaschutz aus. Die Initiative soll dazu beitragen, energie- und prozessbedingte

Treibhausgasemissionen in der produzierenden Industrie dauerhaft zu reduzieren. Neben anderen Technologiepfaden wird Kohlenstoffabscheidung, -nutzung und -speicherung als mögliches Mittel zur Zielerreichung diskutiert. Die FTI-Initiative umfasst ein Förderungsvolumen von 240 Millionen Euro, welches bis 2026 für Projekte mit hohem Innovations- und Demonstrationscharakter vorgesehen ist. Diese Projekte sollen vor allem in der produzierenden Industrie durchgeführt werden und modellhaft auf andere Unternehmen übertragbar sein.

Im Bereich der CCUS-Technologien wurden außerdem vier Innovationsziele formuliert, auf die hingearbeitet werden soll:

- Verbesserung der Energie- und Kosteneffizienz von CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologien
- Weiterentwicklung von Verfahren und Prozessen zur Nutzung von CO<sub>2</sub>
- Entwicklung von Technologien und Lösungen für Langzeit-Speicheroptionen von CO<sub>2</sub>
- Bereitstellung evidenzbasierter Erkenntnisse für Marktdesign, Regulierung, Normen und Standards

Nachfolgend werden die Inputpräsentationen der vier Universitätsinstitute in kurzer Form zusammengefasst.

**Input 1: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Markus Lehner**, Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes, Montanuniversität Leoben

Der Forschungsschwerpunkt der Montanuniversität Leoben – Lehrstuhl für Verfahrenstechnik liegt im CCUS-Bereich bei der Verwendung von CO<sub>2</sub> als Ressource in katalytischen Prozessen und der mineralischen Karbonatisierung. Dazu gehören Prozess- und Reaktorentwicklungen und deren Optimierungen.

Prof. Lehner äußert folgende Vorschläge für FTI-Aktivitäten:

Weitere Optimierung der Kohlenstoffabscheidetechnologien (Carbon Capture Technologies) inklusive der direkten Abscheidung aus der Luft (Direct Air Capture) ist vonnöten. Ein prominenter Vertreter, die Aminwäsche, ist zwar bereits weit entwickelt und Stand der Technik, allerdings noch zu teuer und aufwendig. Der Fokus sollte daher bei Capture bleiben, insbesondere bei Pilot- und Demoanlagen (zum Beispiel gibt es aktuell eine Pilotwäsche bei der voestalpine). Allerdings sollte man auch andere Technologien, wie etwa Direct-Air-Capture-Technologien, im Auge behalten, da sie zwar noch nicht so weit entwickelt sind, aber durchaus das Potenzial haben, in 20 Jahren bis 30 Jahren sehr relevant zu werden.

Die Entwicklung der Transportinfrastruktur (Pipelines als bevorzugte Infrastruktur, Tankwagen) ist als Bestandteil der CCU als auch CCS-Prozesskette wichtig. Speziell deren rechtlicher Rahmen in Bezug auf Haftungsfragen und grenzüberschreitenden Transport hat hier eine zentrale Rolle.

In Bezug auf CCU-Prozesse gibt es noch großen Effizienz- und Kostenoptimierungsbedarf. Einige Prozesse sind bereits in Labor- und Feldtests gegangen und damit bereits auf TRL 4. Mittels weiterer Förderungen und der Realisierung von notwendigen größeren Pilot- und Demoinstallationen würde ein Anheben des TRL auf 5 bis 7 gelingen.

Unabhängig davon streicht Prof. Lehner die Relevanz und das Potenzial von grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung im Labor hervor. Mittels der Entwicklung neuer katalytischer, elektrochemischer und fotochemischer beziehungsweise technisch-biologischer Umwandlungsmethoden hat man langfristig gesehen einen Wettbewerbsvorteil auf dem Gebiet. Er sieht einen vernünftigen Rechtsrahmen (Politik, Industrie, Verwaltung, Forschung) im Bereich technoökonomischer und legistischer (nichttechnischer) Fragestellungen auch als Teil von Technologieentwicklungsprojekten an. Als Beispiel wird die Berücksichtigung von CCU-Produkten im ETS-Handelsregime angeführt.

**Input 2: Univ.-Prof. Dipl.-Phys. Dr. Holger Ott**, Reservoir Engineering, Montanuniversität Leoben

Prof. Ott weist in seiner Präsentation auf den hohen Reifegrad von CCS-Technologien hin und verortet den FTI-Bedarf in einer besseren Erforschung des österreichischen Untergrundes. Dies schließt ebenso die Entwicklung verbesserter Simulationsmethoden ein.

Nachfolgend sind seine FTI-Vorschläge aufgelistet:

- Fokus auf standortspezifische Charakterisierung der Erdgas- beziehungsweise Erdölfelder mit dem Ziel, die langfristige Sicherheit des gespeicherten CO<sub>2</sub> zu gewährleisten
- Es sollten Kohlenwasserstofffelder in Österreich mit vorhandenen dynamischen Modellen zur Einlagerung von CO<sub>2</sub> entwickelt werden. Davon abgeleitet kann die dynamische Speicherkapazität und Historie evaluiert werden. Dynamische Simulationen ermöglichen die zielgerichtete Identifikation von geeigneten Kandidaten.
- Für tiefe Aquifere als Speichermedium ist die Exploration nach geeigneten Strukturen notwendig, inklusive deren umfassender Charakterisierung und Bewertung. Die im Vergleich zu den Kohlenwasserstofffeldern nicht mit Bohrungen perforierten Strukturen haben höhere Speicherkapazität, aber längere Entwicklungszeiten von fünf Jahren bis zehn Jahren).
- Untersuchungen des Deckgebirges hinsichtlich sowohl mechanischer als auch chemischer Integrität (Spannung, Störungen bezüglich CO<sub>2</sub>-Migration, dynamisch aufgrund stärkerer Druckerhöhung durch Einpressung); bestehende Bohrlöcher sind prinzipiell Schwachstellen
- Bei dynamischen Modellierungen geht es um die Vorhersagbarkeit des CO<sub>2</sub>-Verhaltens im Untergrund, welche eine Voraussetzung für die spätere Speichersicherheit darstellt. Zudem werden sie für detaillierte Reservoir-Charakterisierungen verwendet, bei denen Gesteins-Fluid- und Fluid-Fluid-Interaktionen betrachtet werden. Deshalb ist die Förderung der Entwicklung solider Modelle zur stochastischen Reservoir-Simulation wichtig.

**Input 3: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Michael Harasek**, Forschungsbereich für thermische Verfahrenstechnik und Simulation beziehungsweise Forschungsbereich für CO<sub>2</sub>Refinery, Technische Universität Wien

Prof. Harasek weist in seinen Ausführungen auf inhomogene Themenbereiche mit sehr unterschiedlichen TRLs in seiner Arbeit an der TU Wien hin. Er formuliert folgende Empfehlungen für FTI-Aktivitäten:

- Integrierte Prozessketten (Abscheidung – Konversion, Wiedereinschleusung in Nutzungskreisläufe), inklusive Konzepte für Nebenprodukte und Kreislaufschließung
- Elektrifizierung in der Prozesstechnik auf allen Ebenen und elektrochemische Aktivierungs- und Konversionstechnologien (Wasserelektrolyse versus CO<sub>2</sub>-Elektrolyse)
- Nachweis der Skalierbarkeit (wird als besonders wichtig eingestuft)
- C1-Plattformmoleküle: Methan, Methanol, Formaldehyd, Ameisensäure
- Biotechnologische Prozesse (Gasfermentation)

Er spricht weiters Empfehlungen für die Unterstützung der experimentellen Forschung auf mehreren TRL-Ebenen aus (inklusive disruptiver Konversionskonzepte, Labor- und Pilotstudien, Demonstrationsprojekten). Ein spezieller Fokus sollte auch auf Demonstrationsprojekten mit wissenschaftlicher Begleitung (Modellierung, Simulation, Life-Cycle-Assessment/LCA), ökonomische Bewertungen) liegen.

**Input 4: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Tobias Pröll und Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Soya, MSc.**, Institut für Verfahrens- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur

Prof. Pröll stellt die Aktivitäten der BOKU vor, insbesondere im Bereich der BECCS-Technologien. In Bezug auf das Gegenstrom-Wirbelschichtverfahren verweist er auf eine weltweite Technologieführerschaft. Bezüglich FTI-Aktivitäten führt er folgende Vorschläge aus:

- Entwicklung/Optimierung energieeffizienter CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologien für energieintensive Industrien, Demonstration an Anlagen (dazu gehört ein Gegenstrom-Wirbelschichtreaktor zur Chemical Looping Combustion (CLC) zur Erreichung sehr hoher CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Abgas)
- Kompression und Endaufbereitung von CO<sub>2</sub> für den Transport (Pipeline, Binnenschifffahrt)
- Aufbau einer CO<sub>2</sub>-Transportinfrastruktur in Form von Demonstrationsprojekten (wird Standortfaktor werden)
- Gesamtwirtschaftliche Beurteilung von Carbon-Management-Systemen

Im Bereich des Themengebiets „Biochar“, vorgestellt von Prof. Soya, werden folgende Schwerpunkte genannt:

- Erhebung und Quantifizierung anderwärtig nicht stofflich genutzter Restbiomassen aus Land- und Forstwirtschaft sowie Lebensmittelverarbeitung
- Informationsverbreitung über die CDR-Potenziale von nachhaltig hergestellten Karbonisaten und Vermarktung auf Handelsplattformen
- Anpassung des gesetzlichen Rahmens für den Einsatz von Karbonisaten in Land-, Forst- und Bauwirtschaft an den Stand der Wissenschaft
- Verwendungszweck-spezifische Entwicklung von Karbonisaten (je nach Bodenbeschaffenheit)

### **Diskussion und Ergebnisse**

Im Anschluss an die Präsentationen der F&E-Institutionen kam es zu einer regen Diskussion der Workshop-Teilnehmer:innen. Nachfolgend sind verschiedene Statements daraus punktuell zusammengefasst:

- Es wird über die gesamtwirtschaftliche und ökologische Bewertung von Technologien und die synergetische Verwendung der unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Nutzungspfade gesprochen und darüber diskutiert, wie abgeschiedenes CO<sub>2</sub> am besten genutzt werden kann (Entwicklung von Nutzungshierarchien).
- Aktuell fehlt es an Rechtssicherheit – eine Förderung allein reicht nicht aus, um Investitionen der Industrie in größere Anlagen zu realisieren.
- Es fehlt an Logistik. Dazu sind keine Grundlagenforschungen notwendig, sondern eine anwendungsorientierte Forschung und kleinere Arbeiten, wie LCAs zur Beurteilung von zum Beispiel Transportwegen. [Anmerkung des Autors: Im Evaluierungsbericht der deutschen Bundesregierung werden weitere F&E-Schwerpunkte angeführt, die eine Behandlung des Transportbereichs ebenfalls rechtfertigen.]
- Fernziel bleibt die Kreislaufwirtschaft. Dabei ist (wie aus der Studie des deutschen Verbands der Chemischen Industrie ersichtlich) ein großer CO<sub>2</sub>-Bedarf notwendig, um die erforderlichen Grundstoffe abzudecken. Dazu muss CO<sub>2</sub> (zwischen-)gespeichert und transportiert werden können.
- CCU-Projekte sind zu teuer und werden daher aktuell nicht gefördert (die Rahmenbedingungen müssten geändert werden).
- Die erste Priorität ist und bleibt die effektive und kostengünstige Abscheidung von CO<sub>2</sub> sowie die Speicherung, weiters CCU (wird allerdings nicht im ETS-Handel anerkannt); CCU benötigt Planungs- und Investitionssicherheit.
- CCU erfordert grünen Wasserstoff, daher ist diese Technologie nur sinnvoll, wenn genügend erneuerbare Energieträger vorhanden ist.
- Projekte, in denen definierte CO<sub>2</sub>-Qualitäten erreicht werden müssen, sind sinnvoll.

- Es gibt allerdings auch CCU-Technologien, die keinen Wasserstoff benötigen (diese sollten prioritär Verwendung finden).
- Aktuell fehlen standardisierte CO<sub>2</sub>-Spezifikationen für die Speicherung. Diese sind aber notwendig, um Reinigungsstufen für die Speicherung zu konzipieren. [Anmerkung des Autors: Da es zahlreiche internationale Normen zu CCS gibt, müsste dieser Punkt auf Richtigkeit geprüft werden.]
- In den Niederlanden erfolgt die Finanzierung der Differenz aus den Kosten zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und den finanziellen Erträgen aus dem Emissionshandel über öffentliches Geld (beispielgebend für Österreich).
- Carbon Capture ist für die Andritz-Gruppe eine Exporttechnologie; ein österreichischer Heimmarkt wäre sehr wichtig für die weitere Technologieentwicklung.
- Auch Bosch hat zu Carbon Capture ein Innovationsprojekt laufen; generell konzentriert sich dieses Unternehmen auf Mobilitäts- und auf automotive Anwendungen. Das Projekt ist aber auch für industrielle Anwendungen relevant. Hier wird ebenso in den Bereichen Methanol und Wasserstoff, zum Beispiel für große Motoren in der Schifffahrt, geforscht.
- Vonseiten der Zementindustrie soll der Fokus in erster Linie auf Carbon Capture und in zweiter Linie auf dem Transport von CO<sub>2</sub> liegen. In Österreich sollten Zentren (zum Beispiel in Linz oder in Schwechat) geschaffen werden, wo cross-sektorale Kohlenstoffnutzungen ermöglicht werden, wobei auch die Speicherung von CO<sub>2</sub> erfolgen kann.
- Vonseiten der RAG, Betreiber von Lagerstätten in Österreich, wird eingebracht, dass diese bereits 1985 die CO<sub>2</sub>-Einlagerung erprobt hat. Allerdings sind in Österreich die verfügbaren Lagerstätten tendenziell zu klein, um eine echte Lösung zu bieten, die Technologie ist aber beherrschbar. Zwischenspeichern von CO<sub>2</sub> ist prinzipiell möglich, aber keine eigene Forschungsfragestellung.
- Von der Zementindustrie wird noch erwähnt, dass der Strombedarf zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung aber dann auch für den Transport aufgrund der notwendigen Verdichterstationen (alle 100 km) hoch ist und damit mit hohen Kosten zu rechnen ist, allerdings ebenso mit hohen CO<sub>2</sub>-Einsparungen.
- Die Kreislaufwirtschaft wird sich nach Ansicht der OMV nicht von allein durchsetzen, weil sie teuer ist. Es bedarf Lösungen für die Hard-to-abate-Industrien, für diese sind auch die Rahmendbedingungen herzustellen. Dazu gehört zum Beispiel die Anrechnung für den ETS-Handel. Österreich sollte wie Deutschland eine Rohstoffbilanz für 2040 als Vision erstellen, in der klar wird, dass CO<sub>2</sub> als Rohstoffquelle erforderlich ist.
- Aus Sicht der Industrieökologie ist es notwendig, eine Gesamtbeurteilung hinsichtlich Energie- und Transportaufwand sowie Risiko durchzuführen und daraus verschiedene Verfahren zu priorisieren.
- Die Feuerfeststoffindustrie versucht sich auch in der Mineralisierung von CO<sub>2</sub>; aktuell wird in einem Pilotprojekt (Commercial Pilot) in Tirol 50.000 Tonnen CO<sub>2</sub> umgewandelt (größte Anlage aktuell). Dennoch ist es für das Förderprogramm „Transformation der Industrie“, wo 300.000 Tonnen gefordert werden, zu klein; das heißt, es wäre gleich ein Sprung von Labor zu Anlagen dieser Größenordnung notwendig. Es wird um Prüfung der Anforderungen für die Projekte im Sinne des eben skizzierten Projekts ersucht.
- Die OMV will 2030 erste Capture-Carbon-Technologien einsetzen; das heißt, sie müsste jetzt wissen, welche Technologien zu verwenden sind. National sollte ein zentraler Pilot durchgeführt werden, der für viele Branchen anwendbar ist. Dazu ist eine zentralisierte Forschung mit mehreren Akteuren vonnöten, ähnlich dem norwegischen Longship-Projekt. Aktuell wird zu kleingliedrig gedacht.
- Die Zementindustrie betont, dass „der Hut brennt“. Daher muss der Staat Infrastrukturunternehmen wie OMV und RAG ermuntern und auch ermächtigen, dass möglichst schnell mit den CCS-Projekten begonnen wird und möglichst bald ein Status wie in den skandinavischen Ländern erreicht werden kann.

## Fazit der Diskussion

Die skizzierten FTI-Ziele und -Bedarfe (siehe hierzu auch nachfolgendes Kapitel) wurden von den Teilnehmer:innen im Zuge der Diskussionen entsprechend adaptiert. Angemerkt wurde, dass der CO<sub>2</sub>-Transportbereich nicht gut abgedeckt ist. Das deckt sich auch mit den F&E-Ausführungen im Evaluierungsbericht der deutschen Bundesregierung. Aus diesem Grund kann als Empfehlung abgeleitet werden, dass diesem Segment ebenfalls ein FTI-Ziel zugeordnet wird. Von der Industrie (OMV, Zementindustrie) wurde geäußert, dass die FTI-Ziele zu feingliedrig sind sowie ein größeres Projekt, welche die genannten Innovationsziele in ihrer Gesamtheit enthält, bedacht werden sollte. Größere Pilotprojekte in diesem Sinne wurden auch von der Montanuniversität Leoben angeführt.

## 3.4 Unterstützung bei der Erarbeitung und Identifizierung der FTI-Bedarfe in Österreich

Beim Punkt FTI-Bedarfe wurden die Ergebnisse aus den Tätigkeiten in Kapitel 2 und in Kapitel 3 sowie aus den Desktop-Analysen herangezogen. Basierend auf Unterlagen des BMK wurden diese mit Empfehlungen und Adaptierungen ergänzt. Die untenstehenden Ausführungen wurden in Kooperation mit dem BMK erarbeitet.

### Innovationsziele

Konkrete Ziele und Operationalisierung dieser Ziele bis zum Zeithorizont 2030:

- Verbesserung der Energie- und Kosteneffizienz von CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologien unter Berücksichtigung des Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern
- Weiterentwicklung von Verfahren und Prozessen zur Nutzung von CO<sub>2</sub>
- Weiterentwicklung von Technologien und Lösungen zur Langzeitspeicherung für CO<sub>2</sub>
- Weiterentwicklung von Lösungen für den CO<sub>2</sub>-Transport
- Bereitstellung evidenzbasierter Erkenntnisse für Marktdesign, Regulierung, Normen und Standards

Im Folgenden werden die Innovationsziele detaillierter erklärt, indem zum einen der Zielzustand, der mithilfe der Innovationen erreicht werden soll, und zum anderen der daraus resultierende, konkrete FTI-Bedarf für die Förderperiode bis 2025 (zentrale Forschungsfragen) beschrieben werden.

#### 1. Verbesserung der Energie- und Kosteneffizienz von CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologien unter Berücksichtigung des Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern

Ziel ist es, effektive und skalierbare Verfahren zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus den Abgasströmen und aus der Atmosphäre zu entwickeln. Aktuelle Ansätze wie die Direktabscheidung von CO<sub>2</sub> von Punktquellen (von Hard-to-abate-Sektoren) sowie Kohlenstoffabscheidung aus Biomasse zur Erreichung von negativen Emissionen und aus der Luft (Direct Air Capture) sollen weiter verbessert und kostengünstiger gemacht werden.

#### FTI-Bedarf:

- a. Entwicklung neuer Materialien, Technologien und Verfahren, die eine hohe CO<sub>2</sub>-Abscheideeffizienz aufweisen und gleichzeitig ressourcenschonend und nachhaltig sind
- b. Technologische Innovationen, um die Hochskalierung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung im industriellen Maßstab bis Anfang der 2030er-Jahre zu ermöglichen

## **2. Weiterentwicklung von Verfahren und Prozessen zur Nutzung von CO<sub>2</sub>**

Ein Ziel ist es, Möglichkeiten zur Nutzung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> zu erforschen und zu entwickeln. CO<sub>2</sub> kann als wertvoller Rohstoff in verschiedenen Anwendungen dienen. Die Entwicklung von Technologien zur Umwandlung von CO<sub>2</sub> in chemische Produkte oder anderweitige Materialien kann dazu beitragen, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu verringern und eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu fördern.

Ein weiteres Ziel ist es, CCU-Prozesse zu optimieren. Adressiert werden dabei Entwicklungen von neuen chemischen, elektrochemischen und fotochemischen beziehungsweise technisch-biologischen Umwandlungen zu CCU-Produkten.

Ein nächstes Ziel ist die Erstellung einer gesamtwirtschaftlichen und ökologischen Bewertung von Technologien und Verfahren und deren synergetischen Nutzung der unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Nutzungspfade. Es sollen Nutzungshierarchien entwickelt werden, die einen Überblick entlang technischer, ökonomischer und ökologischer Parameter ermöglichen. Zentrale Frage ist, welche Pfade für Österreich technisch, ökonomisch und ökologisch zielführend sind. Untersucht soll werden, welche Produkte aus CO<sub>2</sub> hergestellt werden können, unter welchen Rahmenbedingungen welche Produktpotenziale bestehen und welche davon realisiert werden können.

Nicht zuletzt sollen zum einen die erhobenen Technologien und Verfahren auf ihre Skalierbarkeit beurteilt werden und zum anderen soll deren Potenzial für Österreich erfasst werden. Die unterschiedlichen CCU-Anwendungen beziehungsweise -Nutzungshierarchien sollen basierend auf ganzheitlichen Lebenszyklusanalysen (LCA) bewertet und hinsichtlich deren Beiträge zum Klimaschutz evaluiert werden. Möglichst praxistaugliche LCA-Tools für die Bewertung und für die Evaluierung von Projekten (unter Einbindung relevanter Industriezweige) sollen (weiter-)entwickelt werden.

### **FTI-Bedarf:**

- a. Entwicklung von Nutzungshierarchien unter technologischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten (inklusive der Skalierbarkeit der jeweiligen Nutzungspfade und Analysen dazugehöriger Potenziale)
- b. Entwicklung von praxistauglichen LCA-Tools für die Bewertung und Evaluierung von Projekten
- c. Innovationen zur Weiterverwendung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> beispielsweise für Baustoffe oder in der chemischen Grundstoffindustrie (Methanol, Ethanol, Ameisensäure und so weiter)
- d. Steigerung der Energieeffizienz und Reduktion der Kosten von Verfahren zur Herstellung von Brennstoffen und Treibstoffen (Erzeugung von E-Fuels in Kombination mit erneuerbarem Wasserstoff)

## **3. Weiterentwicklung von Technologien und Lösungen zur Langzeitspeicherung für CO<sub>2</sub>**

Ziel ist es, eine langfristige Speicherung des CO<sub>2</sub> zu ermöglichen und es somit dem Kreislauf zu entziehen. Dazu werden Innovationen zur Speicherung vorangetrieben und bisherige Speicheroptionen weiter erforscht.

Bei der geologischen Speicherung betrifft das Themen wie Lagerstättenintegrität, Bohrlochintegrität und -technik, Überwachungstechnologien, konkurrierende Lagerstättennutzung, Abschätzung der Kapazität sowie Modellierung.

Bei der Herstellung von Pflanzenkohle über Pyrolyse ist zu klären, ob auf diese Weise eine langfristige CO<sub>2</sub>-Speicherung im Boden möglich ist und welche Auswirkungen dies für die Bodenfruchtbarkeit hat.

Ziel ist außerdem die Vorhersage des Verbleibs und Zustands des CO<sub>2</sub> im Untergrund mittels dynamischer Modellierungen, um die kurz-, mittel- und langfristige Speichersicherheit beurteilen zu können.

**FTI-Bedarf:**

- a. Identifizierung von Lagerstätten mit guten Voraussetzungen für die langfristige CO<sub>2</sub>-Speicherung (inklusive der Beurteilung von etwaigen Nutzungskonkurrenzen wie Geothermie, Speicherung von Wasserstoff et cetera)
- b. Weiterentwicklung der Überwachungs- und Monitoringtechnologien
- c. Identifizierung von Lagerstätten, die die Mineralisierung in basischen Gesteinen ermöglichen
- d. Salzausfällungen bei der CO<sub>2</sub>-Injektion in saline Aquifere (in Bezug auf negative Auswirkungen auf den Injektionsverlauf beziehungsweise die Injektionsquote)
- e. Nutzung von Pflanzenkohle als langfristige CO<sub>2</sub>-Speicherungsoption und Evaluierung der Implikationen für die Bodenfruchtbarkeit

**4. Weiterentwicklung von Lösungen für den CO<sub>2</sub>-Transport**

Da sich industrielle CO<sub>2</sub>-Quellen und mögliche Nutzer oder Speicherstätten meist nicht am gleichen Ort befinden, muss CO<sub>2</sub> transportiert werden. Der Transport von CO<sub>2</sub> in Tankfahrzeugen beziehungsweise Kesselwagen, auf Schiene und Straße, in Rohrleitungen sowie in Tankschiffen wird seit Jahrzehnten für kommerzielle Zwecke praktiziert, sodass deren Technologiereifegrad mit 9 (ausgereift) angegeben werden kann. Da bisher lediglich kleine Mengen transportiert werden, besteht dennoch Bedarf an der Optimierung der vorhandenen Technologien in Tankfahrzeugen, Kesselwagen und in Schiffen.

Ziel ist es, die passenden Materialien für die jeweiligen Einsatzbereiche bei Neuanlagen zu identifizieren beziehungsweise die Eignung vorhandener Anlagen zum Transport von CO<sub>2</sub>-Strömen zu prüfen.

Weiteres Ziel ist es, die Transportsicherheit zu verbessern und weiterzuentwickeln. Herausforderungen für die weitere Forschung und Entwicklung von Leitungsnetzwerken betreffen die möglichen wechselnden Nebenbestandteile von CO<sub>2</sub>-Strömen in Netzwerken mit CO<sub>2</sub>-Strömen unterschiedlicher Herkunft. Die Konzentrationen der Nebenbestandteile haben Einfluss auf die Parameter der Pipelineauslegung, weiters auf die Materialanforderungen an Stähle und Elastomere sowie auf den Transport, nicht zu vergessen auf die Ablagerung von Erosionsprodukten und auf die Messung von CO<sub>2</sub>-Strömen und deren Zusammensetzungen.

**FTI-Bedarf:**

- a. Auswirkungen und Einfluss von Nebenbestandteilen von unterschiedlichen evidenzbasierten Strömen
- b. Optimierung der Materialanforderungen für die abgeschiedenen evidenzbasierten Ströme

**5. Bereitstellung evidenzbasierter Erkenntnisse für Marktdesign, Regulierung, Normen und Standards**

Ziel ist es, mit evidenzbasierten Erkenntnissen die Zielstellung und Verbotssituation regelmäßig zu überprüfen. Im Zuge der Arbeiten zur Umsetzung der unionsrechtlichen Vorschriften der CCS-RL (Europäische Kommission, 2009) zeigte sich, dass sich die geologische Speicherung zum damaligen Zeitpunkt im Entwicklungsstadium befand und einige technische Fragestellungen nicht ausreichend geklärt werden konnten. Aus dieser Sachlage heraus resultierende Bedenken führten dazu, dass Österreich vom unionsrechtlich eingeräumten Recht Gebrauch machte, keinerlei Speicherung auf Teilen oder der Gesamtheit seines Hoheitsgebietes zuzulassen (vergleiche Art. 4 Abs. 1 CCS-RL). Infolgedessen wurde das Bundesgesetz über das Verbot der geologischen

Speicherung (BGBL, 2011) erlassen. Ausgenommen sind die Exploration und die geologische Speicherung mit einem Gesamtvolumen von weniger als 100.000 Tonnen zu Forschungszwecken.

Eine Evaluierung des Verbots hat alle fünf Jahre zu erfolgen, hier sollen Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben wichtige Grundlagen liefern.

**FTI-Bedarf:**

- a. Entwicklung robuster Ökobilanzen und technisch-ökonomischer Analysen für gesamte CCU/CCS-Wertschöpfungsketten und -Lebenszyklen sowie komplexer Nachhaltigkeitsbewertungen, die sozial- und geisteswissenschaftliche Disziplinen (zum Beispiel Soziologie, Sozialpsychologie, Wirtschaft) berücksichtigen und die auch gesellschaftliche Akzeptanzaspekte inkludieren
- b. Vorbereitung eines fundierten Monitorings zur Überwachung und Messung von CO<sub>2</sub>-Netzen sowie von geologischen Zwischen- und Langzeitspeichern

### 3.5 Fazit

Auf europäischer und internationaler Ebene zeichnete sich innerhalb der Projektlaufzeit ab, dass weitere Schwerpunkte bei CCUS-Technologien gesetzt werden, letztendlich um Klimaneutralität zu erreichen und um Lösungen für besonders betroffene Industriesektoren (Stichwort: Hard-to-abate-Sektoren) zu entwickeln, die sie bei der Verwirklichung ihrer Emissionsreduktionsziele unterstützen.

Das österreichische Umfeld war im Projektzeitraum noch dahingehend geprägt, dass die Option der unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speicherung mit einem Verbot belegt war. Im Juni 2024 wurde die Aufhebung dieses Gesetzes vonseiten der Bundesregierung vorgeschlagen.

Im Herbst 2023 wurde das BMK unterstützt, bestehende F&E-Aktivitäten zu analysieren sowie Vorschläge für zukünftige F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe zu erarbeiten. Die Vorschläge enthalten Maßnahmen in der gesamten Wertschöpfungskette von der Abtrennung und dem Transport bis hin zur Nutzung oder Speicherung des CO<sub>2</sub>. Darüber hinaus wurden Empfehlungen für Marktdesign, Regulierung, Normen und Weiterentwicklung der Standards in diesem Bereich (siehe vorheriges Kapitel) formuliert.

Die Dynamik der europäischen und internationalen Entwicklungen konnten in diesem Projekt genutzt werden, um faktenbasierte Vorschläge für die Erweiterung der österreichischen F&E-Schwerpunkte in den Themenfeldern Carbon Capture, Usage and Storage und Carbon-Management-Technologien zu erarbeiten.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Das CCUS-Thema (Carbon Capture, Utilisation and Storage) hat insbesondere im Rahmen der Diskussion und der Umsetzungsaktivitäten des Green Deal für die Erreichung der Klimaneutralität auf europäischer Ebene neue Dynamik erhalten. Im Zuge der Erarbeitung der europäischen Industrial-Carbon-Management-Strategie (ICM-Strategie) im Frühjahr 2024 wurden hier die CCUS-Technologien zusammengefasst. Damit wird – so die EU-Kommission – sichergestellt, dass auch Technologien zur CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre in den Strategieentwicklungen ausreichend berücksichtigt werden, um letztendlich Beiträge für die Erreichung der Klimaneutralität zu leisten.

Für dieses Projekt wurden insbesondere zwei europäische Initiativen beziehungsweise Gesetzespakete analysiert:

- die bereits erwähnte Industrial-Carbon-Management-Strategie und
- Maßnahmen für die Stärkung des europäischen Ökosystems für die Fertigung von Netto-Null-Technologien.

Auf internationaler Ebene nehmen CCUS-Technologien eine stärkere Rolle ein. Mit Ende März 2024 haben 71 Länder National Determined Contributions (NDCs) im Zuge des Paris-Übereinkommens übermittelt, 48 davon enthielten Maßnahmen im CCS-Bereich. Damit setzen zwei Drittel der Länder auf CCS-Technologien. Im Net-Zero-Emission-Szenario der IEA wird davon ausgegangen, dass CCUS-Technologien mit über 1.000 Millionen Tonnen bis 2030 beitragen werden.

Zentrales Ziel des vorliegenden Projektes war es, bestehende F&E-Aktivitäten im CCUS-Bereich zu analysieren sowie Vorschläge für zukünftige F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe zu erarbeiten. Die Vorschläge enthalten Maßnahmen in der gesamten Wertschöpfungskette von der Abtrennung und dem Transport bis hin zur Nutzung oder Speicherung des CO<sub>2</sub>. Darüber hinaus wurden Empfehlungen für Marktdesign, Regulierung, Normen und Weiterentwicklung der Standards in diesem Bereich formuliert.

Konkret wurden folgende Innovationsziele erarbeitet:

- a. Verbesserung der Energie- und Kosteneffizienz von CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologien unter Berücksichtigung des Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern
- b. Weiterentwicklung von Verfahren und Prozessen zur Nutzung von CO<sub>2</sub>
- c. Weiterentwicklung von Technologien und Lösungen zur Langzeitspeicherung für CO<sub>2</sub>
- d. Weiterentwicklung von Lösungen für den CO<sub>2</sub>-Transport
- e. Bereitstellung evidenzbasierter Erkenntnisse für Marktdesign, Regulierung, Normen und Standards

Parallel zur Formulierung der Innovationsziele wurden die hierfür erforderlichen FTI-Bedarfe ermittelt.

Für die durchgeführten Arbeiten wurden folgende Tätigkeiten durchgeführt:

- Befragung von und Interviews mit relevanten österreichischen F&E-Institutionen beziehungsweise relevanten Akteuren im CCUS-Bereich
- Unterstützung bei der Erarbeitung der F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe im CCUS-Bereich

- Durchführung von Workshops, um einerseits über internationale/europäische Aktivitäten zu informieren und andererseits bestehende österreichische F&E-Aktivitäten vorzustellen sowie die zukünftigen F&E-Schwerpunkte und FTI-Bedarfe (weiter) abzustimmen und (weiter) zu spezifizieren
- Teilnahme bei relevanten nationalen, europäischen und internationalen Veranstaltungen
- Mitarbeit an der österreichischen Carbon-Management-Strategie (CMS)
- Ad-hoc-Unterstützungen des BMK bei kurzfristigen Anfragen mit inhaltlichem Bezug zum Projekt

Die Mitarbeit an der österreichischen Carbon-Management-Strategie (CMS) am Ende des Projekts nahm einen besonderen Stellenwert ein. Aus diesem Grund wird diese nachfolgend kurz zusammengefasst.

Die CMS wurde am 26. Juni 2024 im Ministerrat beschlossen. Ziel der CMS ist die Bereitstellung von Lösungen zur Schließung der „Emissionslücke“ zur Erreichung der Klimaneutralität Österreichs. Die residualen fossilen und geogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich „Industry“ betragen 2040, je nach Szenario und Scope zwischen 4,4 und 12,1 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen pro Jahr.

Folgende Themenbereiche werden von der CMS erfasst („Scope“):

- Carbon Capture and Storage (CCS)
- Carbon Capture und Utilisation (CCU)
- Carbon Dioxide Removal (CDR, durch natürliche und technische Senken)

Der resultierende Aktionsplan der CMS umfasst als zentralen ersten Schritt die Schaffung des grundlegenden rechtlichen Rahmens zum Einstieg in ein gesamtheitliches und vollständiges Carbon Management. Hierzu zählen insbesondere:

- die Aufhebung des Verbots der geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherung im Bundesgebiet und die zeitgleiche Schaffung des notwendigen Rechtsrahmens für die geologische CO<sub>2</sub>-Speicherung durch vollumfängliche Umsetzung der EU-CCS-Richtlinie sowie
- die Evaluierung und Anpassung der Rechtslage des rohrlingsgebundenen CO<sub>2</sub>-Transports.

In Phase 2 der CMS sollen zahlreiche Maßnahmen gesetzt werden, um den Aufbau der notwendigen Infrastruktur effizient und effektiv zu planen und durchzuführen. Für den Infrastrukturaufbau und für die Maßnahmenumsetzungen (Phase 2 – Teil 2 der CMS) sind folgende Aktionen vorgesehen:

1. Schaffung einer wissenschaftsbasierten, gesamtheitlichen, Szenarien-gestützten, zeitlich differenzierten und alle relevanten Teilbereiche abdeckenden Planungsgrundlage für den nationalen und grenzüberschreitenden Hochlauf der notwendigen Infrastruktur für CCUS und technisches Carbon Dioxide Removal (tCDR) sowie deren Betrieb
2. Schaffung eines rechtlichen Rahmens zur Umsetzung von Mindestabscheidungs-, Mindesttransport- und Mindestspeicherungszielen für CO<sub>2</sub> und von CO<sub>2</sub>-Entnahmezielen für technische Senken sowie Sicherstellung von Speicherkapazitäten im (europäischen) Ausland
3. Schaffung des rechtlichen und organisatorischen Rahmens zur Förderung und Beanreizung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten für CCUS/tCDR
4. Schaffung des rechtlichen, finanziellen und organisatorischen Rahmens zur Förderung und Beanreizung von (industriellen) Leit-, Pilot-, Demonstrations- und Reallaborprojekten beziehungsweise Machbarkeitsstudien für CCUS/tCDR
5. Aufbau einer effektiven und effizienten Verwaltungs- und Behördenstruktur
6. Schaffung des rechtlichen, finanziellen und organisatorischen Rahmens, um im Zuge eines koordinierten Hochlaufs der CCUS/tCDR-Infrastruktur aktiv einzelne Pilot-/Leitprojekte initiieren und fördern zu können

7. Erhöhung der Akzeptanz von CCUS/tCDR durch Aufbau einer proaktiven Öffentlichkeitsarbeit zur breiten Information über Sicherheit, Anwendung und Notwendigkeit von CCUS/tCDR in Österreich

Die Aktionen 3 und 4 haben besondere Bedeutung für die zukünftigen österreichischen F&E-Schwerpunkte im CCUS- und CDR-Bereich. Die Mitarbeit an der CMS stellte sicher, dass die durchgeführten Projektarbeiten und erzielten Projektergebnisse in der österreichischen CMS berücksichtigt wurden.

## Literatur

Simader, Günter; Kulterer, Konstantin; Zach, Franz (2022): Analyse von CCU-Technologien im Kontext konventioneller Energieeffizienz- und Klimaschutzmaßnahmen in Österreich (CCU in Austria), Wien, Schriftenreihe des BMK (<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/publikationen/ccu-in-oesterreich.php>)

Simader, Günter (2023): Carbon Capture in Austria: Aktuelle europäische und internationale Aktivitäten in Bezug auf zukünftige österreichische F&E-Schwerpunkte, Zwischenbericht (GZ: GZ 2023-0351.624), Wien

Verordnung (EU) 2024/1735 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Schaffung eines Rahmens für Maßnahmen zur Stärkung des europäischen Ökosystems der Fertigung von Netto-Null-Technologien und zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1724 ([https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ%3AL\\_202401735](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ%3AL_202401735))

Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Auf dem Weg zu einem ehrgeizigen industriellen CO<sub>2</sub>-Management in der EU, COM/2024/62 final (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2024%3A62%3AFIN>)

Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Unsere Zukunft sichern: Europas Klimaziel für 2040 und Weg zur Klimaneutralität bis 2050 für eine nachhaltige, gerechte und wohlhabende Gesellschaft, COM/2024/63 final (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52024DC0063>)

Verordnung (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“), PE/27/2021/REV/1 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1119>)

Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates ([https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ%3AL\\_202302413](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ%3AL_202302413))

Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Unionsrahmens für die Zertifizierung von CO<sub>2</sub>-Entnahmen, COM/2022/672 final (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0672>)

CCUS-Website der Internationalen Energieagentur, mehrere Zugriffe innerhalb der Projektlaufzeit (<https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage>)

CCUS Projects, Website der Internationalen Energieagentur, mehrere Zugriffe innerhalb der Projektlaufzeit (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/ccus-projects-explorer>)

IEA (2023): CCUS Policies and Business Models – Building a Commercial Market, Revised Version, November 2023 (<https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0cb5c89-3bd4-4efd-8ef5-57dc327a02d6/CCUSPoliciesandBusinessModels.pdf>)

IEA (2023): Net Zero Roadmap – A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach, 2023 Update, mehrere Zugriffe innerhalb der Projektlaufzeit ([https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap\\_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf))

IEA (2022): Legal and Regulatory Frameworks for CCUS – An IEA CCUS Handbook, mehrere Zugriffe innerhalb der Projektlaufzeit (<https://iea.blob.core.windows.net/assets/bda8c2b2-2b9c-4010-ab56-b941dc8d0635/LegalandRegulatoryFrameworksforCCUS-AnIEACCUSHandbook.pdf>)

United Nations Climate Change Website: Nationally Determined Contributions (NDCs) – The Paris Agreement and NDCs, mehrere Zugriffe innerhalb der Projektlaufzeit (<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs>)

Deutscher Bundestag (2022): Evaluierungsbericht der Bundesregierung zum Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (KSPG), Berlin

Barlow, Hugh, Shahi, S M Shahrzad (2024): State of the Art: CCS Technologies 2024, Technical Report, Global CCS Institute

IEA Greenhouse Gas R&D Programme (2024): Website des Technology Collaboration Programme (<https://ieaghg.org/>), mehrere Zugriffe innerhalb der Projektlaufzeit

BGBI. I Nr. 144/2011 (Wien): Verbot der geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid

BMK (2024): Website: Carbon Capture Utilisation and Storage (CCUS) und technische negative Emissionen, mehrere Zugriffe innerhalb der Projektlaufzeit ([https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/klimaschutz/nat\\_klimapolitik/ccus.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/ccus.html))

Bundesministerium für Finanzen, Bundesministerium für Klimaschutz (2024): Carbon Management Strategie – Ein Beitrag für eine kosteneffektive Erreichung der Klimaziele, Synthesepapier – Entwurf, Ministerratsvortrag, Wien, Juni 2024

Bundesministerium für Finanzen (2023): Evaluierungsbericht der Bundesregierung zum Bundesgesetz über das Verbot der geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid, Wien

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgeschiedene Mengen an CO <sub>2</sub> für die Speicherung und Nutzung in der EU (oben) und Anteil des abgeschiedenen CO <sub>2</sub> nach Herkunft (unten).....	6
Abbildung 2: Geplante und erzielte Abscheidekapazitäten in CCUS-Projekten im Vergleich zu den Annahmen im IEA-NZE-Szenario (links); operative Verteilung der Abscheidekapazitäten nach Sektoren wiederum im Vergleich zum NZE-Szenario (rechts) .....	11
Abbildung 3: Weltweite Investitionen in CCUS-Projekte.....	12

## Über die Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (AEA)

Die Österreichische Energieagentur liefert Antworten für die klimaneutrale Zukunft: Ziel ist es, unser Leben und Wirtschaften so auszurichten, dass kein Einfluss mehr auf unser Klima gegeben ist. Neue Technologien, Effizienz sowie die Nutzung von natürlichen Ressourcen wie Sonne, Wasser, Wind und Wald stehen im Mittelpunkt der Lösungen. Dadurch wird für uns und unsere Kinder das Leben in einer intakten Umwelt gesichert und die ökologische Vielfalt erhalten, ohne dabei von Kohle, Öl, Erdgas oder Atomkraft abhängig zu sein.

Das ist die missionzero der Österreichischen Energieagentur.

Mehr als 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus vielfältigen Fachrichtungen beraten auf wissenschaftlicher Basis Politik, Wirtschaft, Verwaltung sowie internationale Organisationen. Sie unterstützen diese beim Umbau des Energiesystems sowie bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Bewältigung der Klimakrise.

Die Österreichische Energieagentur setzt zudem im Auftrag des Bundes die Klimaschutzinitiative klima**aktiv** um. Der Bund, alle Bundesländer, bedeutende Unternehmen der Energiewirtschaft und der Transportbranche, Interessenverbände sowie wissenschaftliche Organisationen sind Mitglieder dieser Agentur.

Besuchen Sie uns auf unserer Website: [energyagency.at](https://www.energyagency.at).



AUSTRIAN ENERGY AGENCY

[energyagency.at](http://energyagency.at)