

White Paper

Forschungsbedarf im Bereich Carbon Management in Österreich

White Paper Forschungsbedarf im Bereich Carbon Management in Österreich

Johannes Schmidt, Julian Kragler,
Franziska Schöniger, Michael
Ornetzeder

Inhalt

Abstract	5
1 Einleitung	5
2 Was ist in Politik und Wissenschaft geplant?	5
3 Forschungsstand	6
3.1 Naturbasierte Lösungen	6
3.2 Technische Lösungen	7
3.3 Transport und Sequestrierung von CO ₂	8
3.4 Systemische, regulatorische und gesellschaftliche Aspekte	9
4 Zusammenfassung	11
Literaturverzeichnis	13

Abstract

Das White Paper „Forschungsbedarf im Bereich Carbon Management in Österreich“ befasst sich mit Wissenslücken, die für die Bewältigung schwer oder nicht vermeidbarer Restemissionen aus sogenannten Hard-to-Abate-Sektoren relevant sind. Erstellt wurde der Bericht von der „Kommission zur Defossilisierung und Kohlenstoffneutralität des Europäischen Energiesystems (DEE)“ der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Er baut auf der Österreichischen Carbon-Management-Strategie auf und integriert zudem Ergebnisse einer umfassenden Quellenrecherche zum aktuellen österreichischen Forschungsstand. Vor der Veröffentlichung wurde der Bericht innerhalb der Kommission sowie durch externe Expertinnen und Experten begutachtet. Thematisiert werden naturbasierte Ansätze wie die direkte CO₂-Speicherung durch Ökosysteme – beispielsweise durch Moore oder Aufforstung – sowie technische Lösungen wie die CO₂-Abscheidung aus Luft oder Prozessen, die Weiterverarbeitung durch Carbon Capture and Utilization oder die Speicherung durch Carbon Capture and Storage inklusive Bioenergy with Carbon Capture and Storage sowie die notwendige CO₂-Transport- und Speicherinfrastruktur. Darüber hinaus beleuchtet der Bericht systemische, gesellschaftliche, regulatorische und ökonomische Herausforderungen im Zusammenhang mit Carbon Management in Österreich. Auf dieser Grundlage formuliert das White Paper Handlungsempfehlungen für die Forschungsförderung. Diese sollen Bedingungen schaffen, die den technischen Fortschritt, den gesellschaftlichen Rahmen und die wirtschaftliche Machbarkeit des Carbon Managements in Österreich unterstützen.

1 Einleitung

In seinem aktuellen Sachstandsbericht [1] betont das Austrian Panel on Climate Change (APCC), dass die Erreichung der nationalen Klimaziele Optionen zur Speicherung oder Verwendung von CO₂ benötigen wird, um trotz Restemissionen („Hard-to-abate“ Emissionen) Klimaneutralität zu erreichen. In den vorhandenen Szenarien zur Klimaneutralität in Österreich werden verbleibende fossile Emissionen von 0 bis 5 Mio. t CO₂ pro Jahr [2], [3] erwartet. Zusätzlich werden im Landwirtschaftssektor und in der Müllbehandlung bis zu 6 Mio. t CO₂-Äquivalente Residualemissionen pro Jahr abgeschätzt [2], [3].

Das Management dieser Residualemissionen umfasst Optionen, die fossile Emissionen durch Abscheidung oder Speicherung reduzieren, aber auch solche, die negative Emissionen erzeugen. Hierzu zählen naturbasierte Lösungen, wie z. B. der Aufbau von Kohlenstoff im Wald, aber auch technische Lösungen, wie z. B. „Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)“.

Gleichzeitig bestehen jedoch erhebliche Wissenslücken bezüglich der technischen, ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Implikationen der verschiedenen Optionen, die nicht nur national, sondern auch im globalen Kontext von Klimagerechtigkeit und internationaler Verantwortung zu betrachten sind. Diese Lücken zu schließen ist wesentlich, um die notwendigen politischen Entscheidungen zur Schaffung günstiger Rahmenbedingungen für ein effektives Carbon Management treffen zu können.

Dieses White Paper ist ein Ergebnis der Arbeit der „Kommission zur Defossilisierung und Kohlenstoffneutralität des Europäischen Energiesystems (DEE)“ an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Im Frühjahr 2025 organisierte die Kommission einen Workshop, in dem Vertreter und Vertreterinnen aus Wissenschaft und Praxis den aktuellen Wissensstand, rechtliche Rahmenbedingungen und den Forschungsbedarf zum Thema Carbon Management vorstellten. Ein wesentliches Ergebnis des Workshops war die Erkenntnis, dass das Ziel von Klimaneutralität nur dann effizient erreicht werden kann, wenn Überlegungen zum Carbon Management nicht isoliert betrachtet, sondern in ein umfassendes Konzept eingebettet werden, das gleichzeitig den Energie- und den Landnutzungssektor berücksichtigt – gemeinsam mit Strategien zur Wasserstoffwirtschaft, Infrastrukturentwicklung und Kreislaufwirtschaft. Eine solche holistische Perspektive hat direkte Konsequenzen für die Forschungslandschaft, etwa hinsichtlich interdisziplinärer Ansätze und Synergiepotenziale, die in diesem White Paper mit einbezogen werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Workshops erfolgte eine umfangreiche Quellenrecherche zum Stand der Forschung in Österreich, deren Ergebnisse als zentraler Input in diesen Text eingeflossen sind. Die hier formulierten Empfehlungen wurden anschließend in der DEE-Kommission erörtert und extern begutachtet, um ihre Robustheit und Relevanz für die Forschungspolitik zu gewährleisten. Das White Paper dient dazu, den in der Österreichischen Carbon-Management-Strategie skizzierten Forschungsbedarf zu präzisieren und Handlungsempfehlungen primär für die Forschungsförderung zur Diskussion zu stellen.

2 Was ist in Politik und Wissenschaft geplant?

Die österreichische Debatte zum Carbon Management befindet sich in einer Phase der Formierung. Erstmals wurde eine kohärente nationale Strategie erstellt, die darauf abzielt, rechtliche Grundlagen für den Umgang mit schwer oder nicht vermeidbaren Restemissionen in den „Hard-to-Abate“-Sektoren, wie z. B. Zementproduktion, chemische Prozesse sowie Abfallverbrennung, zu schaffen. Das zentrale politische Do-

kument dafür ist die im Jahr 2024 von der Bundesregierung vorgestellte Österreichische Carbon-Management-Strategie. Sie wurde unter Federführung des BMF und des ehemaligen BMK sowie unter Einbindung von Stakeholdern und eines wissenschaftlichen Beirats erarbeitet. Darin wird klargestellt, dass die bereits umgesetzten und in Planung bzw. Diskussion befindlichen Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen (THG) nicht ausreichen werden, um Netto-Null Emissionen bis 2040 zu erreichen, und man sich auch in Österreich mit einem Rest an schwer bzw. nicht vermeidbaren „Hard-to-Abate“-Emissionen auseinandersetzen muss. Dabei werden sowohl die Abscheidung fossiler Emissionen, als auch Optionen, welche Negativemissionen erzeugen, unter dem Begriff Carbon Management zusammengefasst. Die Strategie verfolgt das Prinzip „Mitigation/Energy Efficiency First“: Die Emissionsverringerung bis zur Vermeidung hat Priorität, aber Carbon Management wird zeitgleich als ergänzende Option für unvermeidbare Restemissionen aufgebaut, jedoch nicht als Ersatz für eine ambitionierte Emissionsverringerung bis Vermeidung betrachtet [4].

Die Carbon Management Strategie schlägt politisch einen zweistufigen Prozess vor: Zunächst soll eine Status-quo-Analyse durchgeführt und ein Aktionsplan erstellt werden. Mit der Vorstellung der Carbon Management Strategie wurde diese erste Phase im Wesentlichen bereits abgeschlossen. In der zweiten Phase sollen konkrete rechtliche, organisatorische und infrastrukturelle Maßnahmen geplant und umgesetzt werden. Für die zweite Phase benennt die Carbon Management Strategie zahlreiche detaillierte Vorschläge. Diese beziehen sich insbesondere auf die Schaffung eines grundlegenden rechtlichen Rahmens, den Aufbau der erforderlichen Infrastruktur, die Umsetzung unterstützender Maßnahmen und Maßnahmen zur Realisierung natürlicher Senken in Österreich.

Zu den zentralen politischen Maßnahmen der Carbon Management Strategie zählen die Aufhebung des Verbots der geologischen CO₂-Speicherung im Inland sowie die vollständige Umsetzung der EU Richtlinie zu Carbon Capture and Storage (CCS)¹ in nationales Recht. Neue Entwicklungen, wie die Möglichkeit, limitiert internationale Zertifikate zur Erreichung des europäischen Klimaziels für 2040 einzusetzen [5] oder die europäische Carbon Removal and Carbon Farming Regulation [6] spielen in diesem Kontext ebenfalls eine Rolle. Darüber hinaus wird vorgeschlagen, die Rechtslage für den rohrlungsgebundenen CO₂-Transport zu evaluieren und anzupassen sowie einen rechtlichen Rahmen für Mindestabscheidungs-, Transport- und Entnahmeziele zu erarbeiten. Zudem sollen Speicherkapazitäten im Ausland gesichert und der Ausbau der Infrastruktur mit dem Ausbau anderer Infrastrukturen (z. B. für Wasserstoff) koordiniert werden. Schließlich wird auch der Aufbau einer proaktiven Öffentlichkeitsarbeit zur breiten Information über Sicherheit, Anwendung und Notwendigkeit des Carbon Managements in Österreich angeregt. Zentrale Punkte der Carbon Management Strategie finden sich auch im Programm der aktuellen Bundesregierung [7]. Auch die Österreichische Industriestrategie 2035 erwähnt Carbon Management ausdrücklich als Schlüsseltechnologie, um Standortvorteile zu sichern und Klimaziele zu erreichen [8].

Aus den vorgeschlagenen Maßnahmen in der Carbon Management Strategie ergeben sich bereits wichtige Forschungsfragen. Auf dieser Grundlage konkretisiert das vorliegende White Paper den bestehenden Forschungsbedarf.

3 Forschungsstand

In diesem Kapitel wird der Forschungsstand in Österreich im Bereich Carbon Management dargestellt. Diese Darstellung bildet die Grundlage für die Ableitung von Vorschlägen für die Forschungsförderung.

Wir gliedern dabei die vorhandenen Carbon Management-Optionen in *naturbasiert* und *technisch*: Erstere verwenden Ökosysteme direkt zur Speicherung von CO₂. Zweitere verwenden technische Lösungen, um CO₂ aus der Luft oder in technischen Prozessen abzuscheiden und dann weiterzuverarbeiten oder zu sequestrieren. Auch das CO₂ in technischen Verfahren kann aus Ökosystemen stammen, zum Beispiel beim BECCS-Verfahren.

In Folge diskutieren wir auch die notwendige Infrastruktur zum Transport und zur Speicherung von CO₂ und gehen auf systemische, gesellschaftliche, regulatorische und ökonomische Fragestellungen ein.

3.1 Naturbasierte Lösungen

Naturbasierte Lösungen nutzen Ökosysteme zur Speicherung von CO₂. Die meisten dieser Optionen werden im APCC (Austrian Assessment Report on Climate Change) AAR2 [1] sowie im APCC Special Report Landnutzung und Klimawandel [9] ausführlich behandelt und der jeweilige Forschungsbedarf für Österreich wird identifiziert. Alle diese Optionen bergen das Risiko systemischer Leakage-Effekte, etwa durch sektorale Verschiebungen von Biomasse oder eine Reduktion der Gesamtproduktion. Diese Effekte (siehe Abschnitt 3.6) zählen bereits zu den zentralen Forschungsfeldern in Österreich. Allerdings bestehen offene Fragen in Bezug auf die Implementierung, insbesondere hinsichtlich der Messung, Berichterstattung und Verifizierung von Emissionssenkungen [9]. Detaillierte Informationen zu einzelnen Optionen finden sich im Folgenden.

Im Bereich **Aufforstung, Wiederaufforstung und Forstwirtschaft** bestehen große Unsicherheiten hinsichtlich des Erhalts der langfristigen Senkenwirkung österreichischer Wälder, insbesondere durch Störungen wie Windwurf, Borkenkäferbefall und zunehmend auch Waldbrände – in einzelnen Jahren wurden österreichische Wälder daher bereits zu Emissionsquellen [10]. Diese Effekte werden unter anderem in einem laufenden ACRP-Projekt [11] untersucht. Weitere offene Forschungsfragen betreffen einerseits die Reduktion von Unsicherheiten bei gebundenen Kohlenstoffmengen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, also die Frage, welche Kohlenstoffmengen für welche Zeiträume gesichert in der Primärproduktion oder in Endprodukten gespeichert werden können. Andererseits betreffen sie die

¹ Richtlinie 2009/31/EG: www.eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0031

dynamische Optimierung des Beitrags des Forstsektors zur Klimaneutralität, also die Optimierung der über die Zeit in der Primärproduktion gespeicherten Kohlenstoffmengen, der substituierten Kohlenstoffmengen durch Biomasseprodukte und der langfristigen Kohlenstoffspeicherung in Endprodukten [9].

Auch die **Erhöhung des organischen Bodenkohlenstoffs auf landwirtschaftlichen Flächen durch Anpassungen** in der Bewirtschaftung kann zur Stärkung von CO₂-Senken beitragen, ist jedoch potenziell mit kurzfristigen Produktionsrückgängen, Kostensteigerungen und entsprechenden Leakage-Effekten verbunden [12]. Langfristig sind durch solche Maßnahmen aber auch höhere Erträge möglich. Für Österreich wird ein zusätzliches CO₂-Speicherpotenzial von etwa 70.000 bis 500.000 t pro Jahr gegenüber 2020 angenommen – in Summe bis zu 5 % der Residualemissionen in Klimaneutralitätsszenarien ([1], Tabelle 2.3). Eine mögliche Reduktion der Biomasseproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels (z. B. durch Extremwetterereignisse und Trockenheit) könnte jedoch mittelfristig zur Abnahme der organischen Bodenkohlenstoffgehalte führen, da dadurch weniger Reststoffe auf den landwirtschaftlichen Flächen zurückbleiben. Zentrale offene Fragen betreffen die Reduktion der Unsicherheiten in der gesicherten Quantifizierung von Mitigationsmaßnahmen und die Ausgestaltung landwirtschaftlicher Förderinstrumente zur praktischen Erschließung dieser Potenziale, auch im Rahmen von EU-Programmen [9].

Moore und ehemalige Moorflächen sind bedeutende natürliche CO₂-Speicher, da sie große Mengen organischen Kohlenstoffs langfristig binden bzw. binden könnten. Rund 90 % der Moore in Österreich wurden trockengelegt und werden bereits seit Jahrzehnten anderweitig genutzt [13]. Drainagierte organische Böden stellen in Österreich eine potenziell signifikante Emissionsquelle dar. Die jährlichen Gesamtemissionen belaufen sich auf 992 kt CO₂-Äquivalente [14]. Wenn ehemalige Moore wiedervernässt werden, reduziert sich der Ausstoß von Lachgas und es wird – mit teilweise hoher Zeitverzögerung bis der Torfkörper wieder anwächst – Kohlenstoff gespeichert. Während die Lage bestehender Moore gut dokumentiert ist, bestehen Datenlücken zu ehemaligen Moorflächen. Diese werden in einem laufenden Projekt [15] geschlossen. Aufgrund ihrer großen landwirtschaftlichen Bedeutung gestaltet sich die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen auf diesen Flächen derzeit als herausfordernd, obwohl die österreichische Moorstrategie vorsieht, die in der EU-Wiederherstellungsverordnung festgelegte Renaturierungsquote von 30 % bis 2030 – insbesondere durch Renaturierung von Hochmooren – zu erreichen [10]. Pilotprojekte, inklusive von Projekten bei denen landwirtschaftliche Produktion auf Moorflächen (sogenannten Paludikulturen) getestet werden, sowie ein intensiverer Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis werden daher als zentral erachtet [16].

3.2 Technische Lösungen

Biochar (Pflanzenkohle) wird aus Biomasse durch Pyrolyse unter Sauerstoffmangel hergestellt und in landwirtschaftliche Böden eingebracht. Die Technologie ist ausgereift und zählt zu den derzeit am häufigsten eingesetzten neuartigen Negativemissionstechnologien [17] mit langfristig gesichertem Potential zur Speicherung von Kohlenstoff [18]. Die dafür benötigte Biomasse steht jedoch in Konkurrenz zu energetischen und stofflichen Nutzungen. In Österreich existieren zahlreiche Biochar-Projekte, -Hersteller und Anlagenproduzenten [19-26], aus deren Zusammenwirken gemeinsam jährlich einige hundert Tonnen CO₂ gespeichert werden können. Die Forschung konzentriert sich auf verfügbare Biomasse-mengen, die gezielte Beeinflussung von Biochar-Eigenschaften sowie auf Weiterverarbeitungsmöglichkeiten, etwa zu Polymeren, bei denen die langfristige Speicherung von CO₂ aber hohen Unsicherheiten unterliegt.

Bioenergy with Carbon Capture and Storage bezeichnet die Abscheidung von biogenem CO₂ in Bioenergieanlagen mit anschließender Speicherung. Typische Anwendungen sind Holzverbrennung, Ethanolerzeugung und Müllverbrennungsanlagen. Die Kosten für BECCS variieren stark. International werden derzeit rund 700.000 t CO₂ pro Jahr abgeschieden [27-29]. In Österreich ist die geologische Speicherung von CO₂ aufgrund eines generellen CCS-Verbots bislang nur zu Forschungszwecken zulässig [30]. Seit August 2025 ist jedoch eine Bioenergy with Carbon Capture and Utilization (BECCU) Anlage in Betrieb, die jährlich etwa 3.600 t CO₂ abscheiden soll und dieses in der Getränkeindustrie nutzt, also nicht geologisch speichert [31]. Mehrere nationale Forschungsprojekte untersuchen technische Optionen entlang der BECCS Wertschöpfungskette [32-35]. Ergänzend ist in Zeltweg der Aufbau eines Bioenergy-Forschungszentrums geplant, das ab 2026 mit einem Investitionsvolumen von rund 60 Mio. Euro in Betrieb gehen soll [36]. Bestimmte BECCS-Verfahren (z. B. Abscheidung bei Biogas oder in der Ethanolproduktion) gelten als technisch weitgehend ausgereift, andere wie die Lignobiomasse-Vergasung mit Fischer-Tropsch-Synthese und CCS aber noch nicht. Globale Kostenabschätzungen sind dementsprechend noch immer mit hohen Unsicherheiten behaftet und reichen, abhängig vom Verfahren, von etwa 15 bis 400 USD/t CO₂ [12], [17]. Die Abschätzung österreichspezifischer Kosten stellt daher ein wichtiges Forschungsfeld dar.

Direct Air Capture (DAC) bezeichnet die Abscheidung von Kohlendioxid (CO₂) direkt aus der Umgebungsluft mittels chemischer Verfahren. Die Abschätzungen für zukünftige Kosten unterscheiden sich stark je nach Technologie und Energiequelle und werden in der Literatur typischerweise mit etwa 100 bis 1.000 US-\$/t CO₂ angegeben – allerdings nur, wenn zukünftig erhebliche Lerneffekte realisiert werden können [12], [17], [37], [38]. Die Technologie ist noch nicht ausgereift. In der Praxis erreichte Abscheidemengen bleiben hinter den Ankündigungen zurück, und die heutigen Kosten liegen weit über 1.000 US-\$/t CO₂ [39], [40]. In Österreich liegt der Fokus derzeit auf der Weiterentwick-

lung und Effizienzsteigerung der Abscheidungsprozesse [41]. Ergänzend befassen sich mehrere Forschungsprojekte mit der Optimierung einzelner technischer Komponenten [38], [40], [42], [43]. Forschung zur Skalierung von DAC, zu österreichspezifischen Kosten sowie zur systemischen Einbettung der Technologie ist hingegen kaum vorhanden. Hier sind Studien notwendig, um die potenzielle Rolle von DAC im österreichischen Kontext fundiert bewerten zu können, inklusive der Frage, ob DAC in Österreich auf Grund vergleichsweise hoher Energiekosten eine kompetitive Technologie ist und in welchem Umfang es in Konkurrenz mit DAC in anderen Weltregionen steht.

Die Abscheidung von CO₂ aus fossilen Punktquellen erfolgt entweder vor oder nach der Verbrennung von fossilen Brennstoffen in industriellen Anlagen. Für Österreich wird bis 2050 mit bis zu 60 relevanten Quellen gerechnet, vor allem in den Hard-to-Abate-Sektoren, mit verbleibenden Emissionen von 0 bis 5 Mio. t CO₂ pro Jahr [2], [3]. Im Vergleich dazu sind laut Austrian Emissions Trading Registry derzeit 174 Großemittenten, also stationäre Industrieanlagen und Kraft- und Heizwerke, mit einem Ausstoß von 23 Mt CO₂/Jahr (Stand 2025) registriert [44]. Die Forschung in Österreich adressiert technische Aspekte [45], Monitoringfragen [46] sowie die Systemintegration fossiler Carbon-Capture-Technologien [47]. Obwohl die technologische Reife relativ hoch ist, bestehen bislang national keine Erfahrungen mit großtechnischen Anwendungen. Weitere Pilotprojekte und die systemische Bewertung des Nutzens fossilen Carbon Captures sind daher offene Forschungsfelder.

Enhanced Rock Weathering (ERW) ermöglicht die langfristige CO₂-Speicherung durch beschleunigte Verwitterung, etwa durch das Ausbringen von Gesteinsmehl. Der zugrunde liegende natürliche Prozess ist stark standortabhängig [48]. Da nur etwa 3,6 % des globalen Potenzials in der EU liegen und vor allem feuchtwarme Agrarsysteme besonders dafür geeignet sind, erscheint ERW für einen großskaligen agrarischen Einsatz in Österreich wenig geeignet [9], [49]. Ein laufendes Projekt untersucht zur Zeit allerdings die Effekte auf Waldböden und die Ergebnisse könnten den zukünftigen Forschungsbedarf und mögliche Potentiale von ERW auf österreichischen Waldflächen spezifizieren [49].

Mineralische Carbonatprodukte können in Asphalt, Zement und Beton eingesetzt werden und binden CO₂ langfristig in Baustoffen. In Österreich untersucht das Projekt *DeCarbStore* die CO₂-Mineralisierung, bewertet deren Potenziale und erforscht Anwendungen in der Baustoffproduktion [50]. Weitere Forschungsaktivitäten sollten auf Basis der Ergebnisse dieser laufenden Potenzialanalyse entschieden werden.

Carbon Capture and Utilization. Abgeschiedenes CO₂ kann stofflich genutzt werden, indem es in andere Materialien, beispielsweise Kunststoffe oder in Energieträger wie Methan umgewandelt wird. Am Ende ihres Lebenszyklus gelangen diese Produkte jedoch potenziell wieder in die Atmosphäre oder sie müssen in geschlossenen Kreis-

läufen geführt werden, um eine dauerhafte Klimawirkung zu erzielen [51]. Ein breites Feld an Forschungsaktivitäten befasst sich in Österreich mit der technologischen Entwicklung unterschiedlicher CO₂-Nutzungswege [52-60]. Die Bewertung dieser Forschungsaktivitäten geht über den Rahmen dieses White Papers hinaus, ein laufendes Forschungsprojekt entwickelt jedoch eine österreichische Forschungsstrategie für diesen Technologiebereich [61]. Die Ergebnisse sollten Ende 2026 vorliegen.

3.3 Transport und Sequestrierung von CO₂

CO₂-Pipelines vereinfachen den Transport erheblich. Global gibt es bereits mehrere 1000 km an CO₂-Pipelines [62], in Österreich sind diese aber noch nicht vorhanden. CO₂-Pipelines können entweder neu gebaut – oder es können bestehende Erdgasleitungen umgewidmet werden, sofern das CO₂ gasförmig mit einer Dichte von 30 bis 70 kg/m³ vorliegt [63]. Ein solches System wird ab einem Transportvolumen von etwa einer Million Tonnen CO₂ pro Jahr als sinnvoll erachtet. Ein geeigneter Transportkorridor würde große Punktquellen mit potenziellen Speicherstätten verbinden, insbesondere im Wiener Becken sowie in Oberösterreich, Salzburg und der Steiermark [63]. Während es erste Voranalysen gibt [63], liegt für Österreich noch keine detaillierte Studie zur Gestaltung und Optimierung eines eigenen CO₂-Pipelinenetzes vor. Laufende Austrian Climate Research Program (ACRP) Projekte [11], [64] untersuchen diese Aspekte, aber Nachfolgeprojekte sind notwendig, um den Detailgrad dieser Studien zu erhöhen.

Derzeit wird CO₂ in Österreich überwiegend per **LKW** transportiert. Typischerweise handelt es sich dabei um gekühlte Flüssigkeit zwischen -29 °C und -16 °C. Auch der Transport per Bahn ist möglich. Da vermutlich nicht alle österreichischen CO₂-Quellen kosteneffizient an ein CO₂-Pipelinenetzt angeschlossen werden können, ist für diese Regionen ein Transport über die Straße oder die Bahn oder eine Anbindung an Pipelines in Nachbarländern zu planen [63]. Dies ist eine offene Forschungsfrage in Österreich.

Ehemalige Lagerstätten von Öl und Gas eignen sich in Österreich grundsätzlich für die Einlagerung von CO₂, da die darin enthaltenen fossilen Energieträger bereits fast vollständig gefördert wurden. Sie sind durch die jahrzehntelange Nutzung in der fossilen Industrie vergleichsweise gut erforscht und haben ein geschätztes Speichervolumen von etwa 100 bis 250 Mt [3]. Weitere Forschungsarbeiten sind hier nur begrenzt erforderlich. Eine vergleichende Analyse des Wettbewerbs dieser Standorte als langfristiger Speicher für CO₂ oder als Zwischenspeicher für Wasserstoff oder synthetisches Methan steht jedoch aus.

Saline Aquifere sind poröse Gesteinsschichten in großer Tiefe, die mit salzhaltigem Wasser gefüllt und im Aufbau Kohlenwasserstofflagerstätten sehr ähnlich sind, jedoch bislang keine Kohlenwasserstoffe enthalten. Sie gelten als eine der vielversprechendsten Optionen für die langfristige

geologische CO₂-Speicherung und sind technisch bereits weit ausgereift. Bis jetzt gibt es allerdings keine ausführlichen Untersuchungen zu den Speicherpotentialen in Österreich [1]. In einem laufenden Projekt wird das Potenzial von salinen Aquiferen allerdings genauer bestimmt [65]. Nach Abschluss dieses Projekts sollten detaillierte Informationen zur Verfügung stehen. In Pilotprojekten sollte sich die weitere Forschung auf offene technische und naturwissenschaftliche Fragen im Bereich der Speichersicherheit und der technischen Erschließung konzentrieren.

3.4 Systemische, regulatorische und gesellschaftliche Aspekte

Systemische Aspekte

Die Residualemissionen liegen in Österreich bei 6 bis 11 Mt CO₂-Äquivalenten pro Jahr [3]. Demgegenüber stehen großtechnische Speicherpotentiale von insgesamt 100 bis 250 Mt CO₂ und Speicherpotentiale durch veränderte Landnutzung von bis zu 13,5 bis 15 Mt CO₂/Jahr [3]. Es gibt aber viele Interaktionen zwischen diesen Potentialen, die systematisch noch nicht untersucht wurden. Das ACRP Projekt CROSS-SEC [11] analysiert daher Klimaneutralitätsszenarien über alle Sektoren hinweg und fokussiert dabei auch auf die Rolle von Negativemissionen. Dieses Projekt wird einen ersten systemischen Ansatz zur Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit unterschiedlicher Optionen zum Carbon Management liefern. Ein weiteres ACRP Projekt, INFRA-ENSURE [64], befasst sich aus der Perspektive von Infrastruktur und Industrie mit Klimaneutralität und untersucht dabei auch in größerem Detail die Kreislaufwirtschaft von CO₂ und den Wettbewerb von CCS und Carbon Capture and Utilization (CCU) – also der geologischen Sequestrierung von CO₂ oder der Verwendung in Produkten.

In der aktuellen Forschung wird aus systemischer Sicht auch die Entwicklung sogenannter CCS-Hubs untersucht. Dabei handelt es sich um geografisch konzentrierte Knotenpunkte, an denen alle notwendigen Elemente der CO₂-Abscheidung, des Transports und der Speicherung räumlich gebündelt sind. In einem laufenden Projekt wird sowohl die Frage behandelt, wo solche Hubs in Österreich realisiert werden könnten, als auch die Frage, wie ihre Umsetzung aussehen müsste. Dabei soll die gesamte Kette an Stakeholdern einbezogen werden [66].

Die oben genannten Fragen zu systemischen Aspekten im Carbon-Management, insbesondere was die relative Kompetitivität von Optionen betrifft, werden durch laufende Projekte nicht vollständig beantwortet und bedürfen weiterer Forschung. Offene Fragen finden sich auch im Bereich Nachhaltigkeitsassessments, Leakage und Life Cycle Assessments von Carbon Management Lösungen. Es gibt außerdem keine umfassenden Analysen zur Verfügbarkeit von Speicherkapazitäten außerhalb Österreichs für österreichische Einspeisung und zum Wettbewerb um Biomasse in unterschiedlichen Sektoren innerhalb Österreichs.

Politische, regulatorische und ökonomische Aspekte

Forschung zu Carbon Management in Österreich kann auch die notwendigen politischen und regulatorischen Prozesse unterstützen. Mehrere Themenfelder erscheinen dabei zentral und werden im Folgenden kurz angesprochen.

Die Beratungen, die zu diesem White Paper geführt haben, kamen zu dem Ergebnis, dass Carbon Management nicht isoliert, sondern im Verbund mit anderen Strategien zu den Themen Wasserstoff, Infrastrukturausbau, Industrieentwicklung und Kreislaufwirtschaft betrachtet werden sollte. Eine solche ganzheitliche Perspektive erfordert eine interdisziplinäre Herangehensweise und die Integration bereits bestehender politischer Strategien aus unterschiedlichen Feldern. Dies ist in erster Linie eine Aufgabe politischer Verhandlungen. Die Grundlagen dafür könnten mithilfe wissenschaftlicher Expertise erstellt werden. Beispielsweise durch eine Policy-Analyse in anderen Ländern oder durch einen Vergleich vorhandener nationaler Strategiepapiere, um produktive Überschneidungspunkte zu identifizieren.

Ein weiteres zentrales Thema mit regulatorischer und ökonomischer Perspektive ist der Marktaufbau für Carbon Management. Grüne Märkte, die früh Nachfragesignale und Investitionssicherheit schaffen, können das Frontrunnerrisiko (Pioniere zahlen höhere Kosten) minimieren [67]. Zusätzlich zur CO₂-Bepreisung sind Förderinstrumente wie Investitionszuschüsse, Steueranreize, Garantien für Abnahmeverträge und Klimaschutzverträge sinnvoll. Diese finanzieren zukünftige CO₂-Einsparungen vor und gleichen Preisschwankungen aus. Eine Schlüsselrolle können dabei Klimaschutzverträge spielen, indem sie Investitionen in CCS/CCU sichern und Differenzen zwischen Referenz-CO₂-Preis und Marktpreis ausgleichen. Forschung in diesem Bereich kann dazu beitragen, wirkungsvolle Rahmenbedingungen für den Aufbau grüner Märkte zu entwickeln.

Da es noch keine offiziellen, direkten Finanzierungsstrukturen für die Bereitstellung von Negativemissionen in Österreich oder Europa gibt – so werden diese z. B. vom europäischen Emissionshandel derzeit nicht erfasst – können freiwillige CO₂-Märkte eine wichtige Rolle spielen [68]. Spezifische Untersuchungen für Österreich fehlen hier noch. Ebenso sind vielfältige Forschungsfragen im Bereich der Finanzierung von Infrastruktur (z. B. CO₂- oder Wasserstoffpipelines) offen: Modelle zur öffentlichen Finanzierung oder Absicherung müssen in diesem Zusammenhang auf ihre Verteilungswirkung und auf die Effektivität in der Erreichung des Ausbaus überprüft werden. Auch Analysen zur internationalen Koordination von Infrastruktur, z. B. von Grenzkuppelstellen, sind ein wichtiges Forschungsfeld. In diesem Bereich sind spezifisch für Österreich noch umfangreiche Forschungsarbeiten notwendig.

Da die Möglichkeiten zur CO₂-Speicherung begrenzt sind und um zu verhindern, dass Negativemissionsoptionen genutzt werden, um die Reduzierung von Emissionen zu verschieben, sind klare Regularien erforderlich, die den Zugang

zur CO₂-Infrastruktur regeln und somit klare Signale setzen. Das Design solcher Regularien und die damit verbundenen ökonomischen Auswirkungen stellen ein weiteres wichtiges Forschungsfeld dar.

Für das Carbon Management sind robuste Monitoringsysteme essentiell, um CO₂-Ströme (Capture, Transport, Speicherung oder Nutzung) zu verfolgen und Leckagen zu erkennen [69]. Bei Methoden zur Erzeugung von Negativemissionen, wie dem Import von Holz oder der Wiederverwendung von Materialien, müssen temporale Aspekte (Dauer der Entfernung: 100+ Jahre) einheitlich definiert werden, da die Terminologie der EU-Kommission bislang mit den Rahmenwerken von UNFCCC/IPCC nicht kompatibel ist. Nach Schließung einer Lagerstätte werden die gesetzlichen Verpflichtungen für Überwachungs-, Korrektur-, Präventions- und Sanierungsmaßnahmen an die Behörden übertragen. Die Forschung könnte einen Beitrag leisten, indem sie bestehende Monitoring-Methoden identifiziert, weiterentwickelt und versuchsweise implementiert.

Vorstellbar ist in diesem Zusammenhang eine umfassende Begleitforschung, wie sie aktuell in Deutschland durchgeführt wird². Diese unterstützt den Hochlauf von CCU und CCS administrativ, wissenschaftlich sowie durch Dialogformate. In diesem Fall übernimmt die Wissenschaft die Rolle eines intermediären Akteurs, der Politik, Wirtschaft und Gesellschaft miteinander verbindet und dabei hilft, Entscheidungen fachlich und prozedural vorzubereiten.

Schließlich ist auch die Governance von Carbon Management selbst ein relevantes Forschungsthema. Forschung kann dazu beitragen, wirksame Politikinstrumente zu entwickeln und in der Praxis zu evaluieren. Eine zentrale Herausforderung besteht beispielsweise darin, wie der Zugang zu CCS/CCU politisch geregelt wird. Politische Rahmenbedingungen sollten so gestaltet sein, dass das „Mitigation First“-Prinzip effektiv umgesetzt wird und „Mitigation Deterrence“ verhindert wird.

Gesellschaftliche Aspekte

Ein wichtiger Befund des Workshops „Carbon Management in Österreich“ war, dass bisherige CCUS-Projekte nicht nur aufgrund technischer Probleme, sondern auch infolge von Akzeptanz- und Legitimationsproblemen sowie wegen ungünstiger ökonomischer Rahmenbedingungen fehlgeschlagen sind. In diesem Zusammenhang wurde die Bedeutung einer frühzeitigen, inhaltlich ausgewogenen und transparenten Kommunikation betont, um ein höheres Informationsniveau als Basis für eine fundierte Meinungsbildung zu schaffen. Die möglichen Beiträge der Forschung in diesem Bereich reichen jedoch deutlich über diesen spezifischen Fokus hinaus.

Auch in der österreichischen Carbon-Management-Strategie [4] und in einigen Studien [70], [71] wird das Thema „Akzeptanz in der Bevölkerung“ angesprochen. Mithilfe einer proaktiven Öffentlichkeitsarbeit, die auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen von Carbon Management in Österreich basiert, soll eine breite Information über

Sicherheit, Anwendung und Notwendigkeit erfolgen. Ein zentraler Aspekt dabei ist die bei einer Freisetzung von CO₂ bestehende Erstickungsgefahr. Diese besteht im unmittelbaren Umfeld von Leckagen bei Pipelines, bei Unfällen beim Transport mit Lastwagen bzw. Zug sowie bei der unterirdischen Speicherung. Diese Thematik gewinnt zusätzlich an Bedeutung, wenn man berücksichtigt, dass die Speicherung von CO₂ in Österreich seit 2011 verboten ist, die aktuelle Regierung jedoch eine Aufhebung dieses Verbots beabsichtigt [7].

Neben Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz sollten künftig auch Fragen der Akzeptabilität in den Fokus der Forschung rücken. Dabei geht es um die Abschätzung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen verschiedener Umsetzungspfade, um mögliche Risiken, die damit verbunden sind, und um Fragen der Sicherheit bei Abscheidung, Transport, Speicherung und Verarbeitung. Die Ergebnisse solcher Risikoanalysen und Technikfolgenabschätzungen können als Grundlage für politische Entscheidungen, die Entwicklung von Sicherheitsstandards und eine umfassende Information der Bevölkerung dienen.

In Österreich gibt es bisher nur punktuell sozialwissenschaftliche Forschung zum Thema Carbon Management (z. B. [72]). In einigen Projekten werden technische und rechtliche Fragen mit einer Governance-Analyse verknüpft (z. B. im Projekt CaCTUS [2]). Studien, die sich explizit mit Fragen der Akzeptanz und Akzeptabilität von Carbon Management auseinandersetzen, fehlen jedoch zur Gänze. In Deutschland und der Schweiz gibt es hingegen eine Reihe von sozialwissenschaftlichen Begleitforschungen zum Carbon Management mit Schwerpunkten auf Akzeptanz, Governance, Politikgestaltung und sozioökonomischen Auswirkungen. Im Rahmen des deutschen Programms „CDRterra“ werden mehrere Verbundprojekte durchgeführt, die sich neben naturwissenschaftlich-technischen Fragen auch explizit mit Marktmechanismen, Governance, politischer Machbarkeit, gesellschaftlicher Akzeptanz, Ethik sowie Dialogformaten zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft befassen [73]. Im derzeit in der Schweiz laufenden Projekt „DeCIRRA“ soll unter anderem mittels einer repräsentativen Umfrage die öffentliche Wahrnehmung von CO₂-Pipelines untersucht werden. Dabei werden die Risikowahrnehmung, der Wissensstand, der wahrgenommene Nutzen und die Fairnesseinschätzungen (Lagerung im Ausland vs. Lagerung in der Schweiz) in Bezug auf eine CO₂-Pipeline erfasst [74].

Die österreichische Carbon-Management-Strategie und internationale Erfahrungen zeigen, dass Akzeptanz- und Legitimationsprobleme zentrale Hürden für CCUS und Negativemissionsoptionen darstellen. In Österreich fehlen jedoch systematische sozialwissenschaftliche Studien zur gesellschaftlichen Wahrnehmung, Risikobewertung und Akzeptabilität verschiedener Umsetzungspfade.

Sobald sich grundlegende technisch-ökonomische Optionen abzeichnen (was nach Abschluss des Projekts „NET-CCUS-Fahrplan“ [61] Ende 2026 zu erwarten ist),

² www.dena.de/projekte/unterstuetzung-beim-carbon-management

erscheinen die folgenden Forschungsthemen als sinnvoll: (1) gesellschaftliche Akzeptanz und Risikowahrnehmung, (2) Akzeptabilität verschiedener CCUS-Optionen unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Kosten-Nutzen-Aspekte, (3) Fragen der intra- und inter-generationellen Gerechtigkeit, (4) regionale Potenziale und Auswirkungen sowie (5) effektive Kommunikations- und Beteiligungsformate, die partizipative Entscheidungsfindung unterstützen.

4 Zusammenfassung

Im nationalen Kontext konstituiert das Thema Carbon Management ein vielschichtiges und dynamisches Forschungsfeld. Es gibt bereits wichtige Metaanalysen, welche auch zentrale Forschungslücken identifiziert haben [1], [9], [70], und auch ein laufendes Forschungsprojekt [61] entwickelt eine systematische Übersicht über die verschiedenen Carbon Management Optionen. Dieses White Paper ist dazu eine Ergänzung und bringt in einer Kurzübersicht ein Update zu laufenden Projekten und Publikationen. Es sollte jedoch im Kontext vorhergehender und paralleler Initiativen rezipiert werden.

Im Bereich der technisch-ökonomischen und Systemintegrationsforschung für CO₂-Abscheidung und -Speicherung gibt es klare Unterschiede zwischen naturbasierten Ansätzen und technischen Großanlagen in Bezug auf offene Forschungsfragen.

- Naturbasierte Lösungen sind technisch bereits verfügbar, oft auch vergleichsweise kostengünstig, allerdings sind Verfahren zur Messung, Berichterstattung und Verifizierung komplex, weil sich durch Landnutzungsveränderungen und die Verschiebung von Biomasseströmen bedeutende Leakage-Effekte ergeben können. Hier ist dringender Forschungsbedarf im Bereich der (internationalen) Modellierung von Biomassemärkten gegeben, genauso wie im Bereich der Aktivierung von privaten Akteure im Land- und Forstwirtschaftsbereich, welche entsprechende Maßnahmen umsetzen müssen.
- Bei großtechnischen Abscheidungen sind Messung, Berichterstattung und Verifizierung einfacher. Die Ansätze sind aber energieintensiv, teuer und benötigen Infrastruktur, die es noch nicht gibt, wie z. B. die Möglichkeit zum Transport von CO₂. BECCS steht hier an der Schnittstelle zwischen naturbasierten und technischen Optionen. In diesem Bereich ist Forschung zur Kostenreduktion, basierend auf technischen Innovationen zur Erhöhung von Captureraten und der Energieeffizienz der Prozesse, und zur systemischen Integration der Technologien in den Energie- und Industriesektor daher von großer Bedeutung. Dabei gibt es Technologien wie DAC, die noch in den Bereich der Grundlagenforschung fallen. CCS und ausgewählte BECCS-Technologien (v.a. Biochar-, Biogas- und Ethanolproduktion) sind dagegen bereits in kleineren Demonstrationsanlagen im Einsatz. In diesem Bereich sind daher in Zukunft

größere Projekte zur Erforschung der Skalierung und Systemintegration notwendig. Die Erforschung der Lagerung von CO₂, über das in anderen Ländern etablierte Enhanced Oil Recovery hinaus, ist technologisch von großer Bedeutung.

Im Bereich der politischen, regulatorischen und ökonomischen Aspekte wurden die folgenden Themen als forschungsrelevant identifiziert:

- Integration Carbon Management: Policy-Analysen und Vergleich nationaler Strategien (Wasserstoff, Infrastruktur, Industrie, Kreislaufwirtschaft)
- Verknüpfung isolierter Strategien: Wissenschaftlich begleiteter Integrationsprozess
- Marktaufbau-Unterstützung: Förderinstrumente (Investitionszuschüsse, Steueranreize, Klimaschutzverträge), Frontrunnerrisiko minimieren, freiwillige CO₂-Märkte evaluieren
- Finanzierung und Regulierung: Modelle für CO₂- und Wasserstoff-Infrastruktur, Zugangsregeln, internationale Kooperation
- Monitoring von CO₂-Strömen: Methoden identifizieren, weiterentwickeln, implementieren
- Sozialwissenschaftliche Governance-Forschung: Effektive Politikinstrumente entwickeln und evaluieren

Auch die Forschung zu den gesellschaftlichen Aspekten des Carbon Managements (bzw. umfassender Strategien) kann wesentlich zu einer erfolgreichen Implementierung von Technologien und Maßnahmen beitragen. Wichtige Themen sind:

- Gesellschaftliche Akzeptanz und Risikowahrnehmung
- Akzeptabilität verschiedener CCUS-Optionen unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Kosten-Nutzen-Aspekte
- Risiken, Technikfolgen und das Management und die Risikofolgenabsicherung von CCUS und Negativemissionsoptionen
- Fragen der intra- und intergenerationellen Gerechtigkeit
- Regionale Potenziale und räumliche Auswirkungen von Carbon Management
- Effektive Kommunikations- und Beteiligungsformate für Öffentlichkeitsarbeit und politische Entscheidungsfindung

Carbon Management ist ein zentrales Thema, um die nationalen Klimaziele zu erreichen. Der aktuelle Wissensstand ist in vielen Bereichen bereits sehr weit fortgeschritten und zahlreiche Technologien gelten als weitgehend ausgereift. Damit Carbon Management jedoch tatsächlich wirksam werden kann, sind noch viele Schritte notwendig. Die Forschung kann in den kommenden Jahren dazu viele weitere wichtige Beiträge leisten. Das vorliegende White Paper versteht sich als Beitrag zu dieser laufenden Diskussion.

Mitglieder der DEE-Kommission

[OEAW.AC.AT/DEE/MITGLIEDER](http://oeaw.ac.at/dee/mitglieder)

Günter BLÖSCHL
Ivona BRANDIĆ
Georg BRASSEUR (DEE-Leitung)
Jürgen BRAUNSTEIN
Jürgen ECKERT
Stefan FREUNBERGER
Martin GERZABEK
Manfred GRASSERBAUER
Stefan HAUSBERGER
Johannes A. LERCHER (DEE-Leitung)
Astrid MAGER
Nebojša NAKIĆENović
Michael ORNETZEDER
Regina PALKOVITS
Barbara PRANSACK
Sonja PUNTSCHER RIEKMANN
Niyazi S. SARIÇİFTÇİ
Thomas SCHINKO
Johannes SCHMIDT
Karl STEININGER
Franziska WEDER
Verena WINIWARTER (DEE-Leitung)
Sonja WOGGIN

Externe Gutachterinnen und Gutachter

Gabriel BACHNER
Universität Graz
Alina BRAD
Universität Wien
Sabine FUSS
Potsdam Institute for Climate Impact Research
Daniel HUPPMANN
International Institute for Applied Systems Analysis
Ralf NORDBECK
BOKU University
Alexander RINDERHOFER
GAW technologies GmbH
Christian SCHÜTZENHOFER
Austrian Institute of Technology
Falko UECKERDT
Interdisciplinary Transformation University Austria
Bernhard WINDSPERGER
BioBase GmbH

Franziska Schöninger und Johannes Schmidt danken für die Förderung durch den Österreichischen Klima- und Energiefonds sowie die FFG (Projekte CROSS-SEC (F0999924987) und INFRA-ENSURE (F0999925068)).

Korrespondenz

Kommission zur Defossilisierung und Kohlenstoffneutralität des europäischen Energiesystems, der österreichischen Akademie der Wissenschaften
dee@oeaw.ac.at

Michael ORNETZEDER
Institut für Technikfolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
michael.ornetzeder@oeaw.ac.at

Johannes SCHMIDT
Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
BOKU University
johannes.schmidt@boku.ac.at

Literaturverzeichnis

- [1] APCC (2025), *Second Austrian Assessment Report on Climate Change (AAR2)*. D. Huppmann, M. Keiler, K. Riahi und H. Rieder (eds.). Austrian Academy of Sciences Press, Vienna, Austria. Available: www.aar2.ccca.ac.at
- [2] H. Böhm, 'CaCTUS. Publizierbarer Endbericht'. Accessed: Sep. 29, 2025. [Online]. Available: www.project-cactus.at/wp-content/uploads/2025/06/Publizierbarer-Endbericht_FINAL.pdf
- [3] D. Huppmann *et al.* (2025), 'Summary for Policymakers' In „*Second Austrian Assessment Report on Climate Change (AAR2) of the Austrian Panel on Climate Change (APCC)*“. [D. Huppmann, M. Keiler, K. Riahi, H. Rieder (eds.)]. Austrian Academy of Sciences Press, Vienna, Austria. doi: 10.1553/aar2-spm, www.aar2.ccca.ac.at/summary
- [4] BMF und BMK, 'Österreichische Carbon Management Strategie (CMS)', Bundesministerium für Finanzen und Bundesministerium für Klimaschutz, Wien, 2024.
- [5] *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality*. 2025. Accessed: Mar. 23, 2026. [Online]. Available: www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2025:524:FIN
- [6] *Regulation (EU) 2024/3012 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 establishing a Union certification framework for permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products*. 2024. Accessed: Mar. 23, 2026. [Online]. Available: www.data.europa.eu/eli/reg/2024/3012/oj
- [7] ÖVP, SPÖ und NEOS, 'Jetzt das Richtige tun. Für Österreich. Regierungsprogramm 2025–2029', Österreichische Bundesregierung, 2025.
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus, 'Industriestrategie Österreich 2035: Für einen wettbewerbsfähigen Industriestandort und wirtschaftliche Resilienz', Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus, Wien, Strategiebericht, 2025.
- [9] APCC (2025), *APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich*. R. Jandl, U. Tappeiner, C. B. Foldal, K. Erb (eds.). Berlin, Heidelberg: Springer, 2024. doi: 10.1007/978-662-67864-0
- [10] M. Anderl *et al.*, 'Klimaschutzbericht 2025', Umweltbundesamt GmbH, Wien, REP-0990, 2025. [Online]. Available: www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2613
- [11] CROSS-SEC, 'Projektwebseite'. [Online]. Available: www.netzero2040.at/cross-sec
- [12] IPCC, *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022. doi: 10.1017/9781009157926
- [13] M. Niedermair *et al.* 'Moore im Klimawandel', WWF Österreich und Österreichische Bundesforste AG and Umweltbundesamt, Wien, 2011.
- [14] P. Weiss *et al.*, 'Organische Böden in Österreich: Ausmaß, Bewirtschaftung und Treibhausgasemissionen', Umweltbundesamt GmbH, Wien, Report, 2025.
- [15] AGES, 'MOIST – Survey of degraded peatlands in Austria and assessment of their suitability for regeneration'. [Online]. Available: www.ages.at/en/research/project-highlights/moist
- [16] K. Hogl *et al.*, 'Governance options for climate smart agriculture on Austrian peatlands. Final report', Vienna, 2023. [Online]. Available: www.projektdatenbank.net/finalreport/8366
- [17] S. Smith *et al.*, Eds, *The State of Carbon Dioxide Removal – 2nd Edition*. OSF, 2024. doi: 10.17605/OSF.IO/F85QJ
- [18] H.-P. Schmidt *et al.*, 'Biochar Permanence—A Policy Commentary', *GCB Bioenergy*, vol. 17, no. 12, p. e70092, 2025, doi: 10.1111/gcbb.70092
- [19] FFG, 'BIOCHARm', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5134381
- [20] Syncraft, 'New Reversepowerplant opened in Gänserndorf', References. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.syncraft.at/en/references/gaenserndorf
- [21] biochar zero, 'Innsbrucker Kommunalbetriebe AG'. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.biochar-zero.com/de/unternehmen/innsbrucker-kommunalbetriebe-ag
- [22] CDR.fyi, 'Supplier Metrics: Vlinder'. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.cdr.fyi/supplier/vlinder
- [23] CharLine, 'CharLine – Futterkohle für gesunde Tiere'. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.char-line.com/at-de
- [24] Siotuu, 'CO₂ solutions'. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.siotuu.com/en/home-e
- [25] NGE, 'Next Generation Elements GmbH – Führende Negativemissionstechnologie für eine bessere Zukunft'. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.nge.at/de
- [26] FFG, 'BioPolyComp', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/3701249

- [27] MIT, 'Illinois Industrial Carbon Capture and Storage (IL-CCS) Fact Sheet: Carbon Dioxide Capture and Storage Project', Carbon Capture & Sequestration Technologies @ MIT. Accessed: Sep. 22, 2025. [Online]. Available: www.sequestration.mit.edu/tools/projects/illinois_industrial_ccs.html
- [28] T. Hossain et al., *Deployment of BECCUS value chains in the United States. IEA Bioenergy: Task 40 Contribution of IEA Bioenergy Task 40 to the IEA Bioenergy inter-task project Deployment of BECCUS value chains*. 2023.
- [29] 'GHG Facility Details'. Accessed: Sep. 22, 2025. [Online]. Available: www.ghgdata.epa.gov/ghgp/service/facilityDetail/2023?id=1005661&ds=A&et=&pop-up=true
- [30] Bundeskanzleramt der Republik Österreich, *Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Verbot der geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid, Fassung vom 22.09.2025*. Accessed: Sep. 22, 2025. [Online]. Available: www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007616
- [31] Bright Renewables, 'Bright Renewables baut eine Anlage zur Kohlenstoffabscheidung mit CO₂-Verflüssigung für die EnergieWerk Ilg GmbH in Dornbirn, Österreich'. Accessed: Oct. 14, 2025. [Online]. Available: www.bright-renewables.com/de/bright-renewables-baut-eine-anlage-zur-co2-abscheidung-und-verfluessigung-fuer-die-energiwerk-ilg-gmbh-in-dornbirn-oessterreich
- [32] FFG, 'OxyCar-FBC – Oxygen Carriers in Fluidized Bed Combustion of Biomass for Higher Efficiency, Reduced Emissions and (or) Negative CO₂', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 14, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/1770429
- [33] FFG, 'IEA Green FBC – IEA Grüne Wirbelschicht-technologie', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 20, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/4955857
- [34] FFG, 'BioResCCS', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 14, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5126072
- [35] FFG, 'Dec-NET – Eine neue dezentrale Negativ-Emissions-Technologie auf Grundlage einer flexiblen Produktion von Wärme, Biokohle und CO₂'. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5125969
- [36] BMLUK, 'ABL Austria: Advanced Bioenergy Lab Austria – BMLUK DaFNE', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 14, 2025. [Online]. Available: www.dafne.at/projekte/abl-austria
- [37] K. Sievert, T. S. Schmidt und B. Steffen, 'Considering technology characteristics to project future costs of direct air capture', *Joule*, vol. 8, no. 4, pp. 979–999, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.joule.2024.02.005
- [38] D. Doneva, 'Carbominer Completes Pilot Demonstration Of 1-Ton Direct Air Capture Machine In Vienna'. Accessed: Oct. 18, 2025. [Online]. Available: www.carbonherald.com/carbominer-completes-pilot-demonstration-of-1-ton-direct-air-capture-machine-in-vienna
- [39] climeworks, 'Mammoth: our newest facility'. Accessed: Oct. 11, 2025. [Online]. Available: www.climeworks.com/plant-mammoth
- [40] FFG, 'aDvAnCe – Validierung einer innovativen DAC-Technologie im Pilotmaßstab', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5136247
- [41] DACworx, 'DACworx website'. Accessed: Oct. 08, 2025. [Online]. Available: www.dacworx.eu
- [42] FFG, 'AeroFibCap – Functional liquid-infused aerogel fibres towards smart CO₂', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5131542
- [43] FFG, 'SB2DAC – Superbases towards CO₂ uptake – Direct Air Capture', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5132800
- [44] European Commission, 'Climate Action Progress Report 2025: Austria Country Profile', European Commission, Jan. 2026. [Online]. Available: www.ec.europa.eu/clima/document/2025_climate_action_progress_report
- [45] FFG, 'directCCE – Direct Carbon Capture and Electrolysis', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 20, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5120504
- [46] FFG, 'ReCMSI – RCarbon Monitoring & Smart Incineration aiming at low carbon emissions & high energy efficiency in waste-to-energy plant'. Accessed: Oct. 20, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/4444022
- [47] FFG, 'WasteCCUS – Die Rolle von CCUS in der Siedlungsabfallverbrennung', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5126166
- [48] C. Zhang, Y. Wang, Z. Kou und L. Zhang, 'Recent research advances in enhanced CO₂ mineralization and geologic CO₂ storage', *Adv. Geo-Energy Res.*, vol. 10, no. 3, pp. 141–145, Dec. 2023, doi: 10.46690/ager.2023.12.01
- [49] F. Zehetner, 'Enhanced rock weathering in forest soils of Austria'. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), 2025. [Online]. Available: www.forschung.boku.ac.at/en/projects/17005

- [50] FFG, 'DeCarbStore – Dezentrale CO₂-Senken – Lösungen für emissionsintensive Industriebetriebe abseits von CO₂-Transportnetzen in Österreich', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 20, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5137858
- [51] C. Hepburn *et al.*, 'The technological and economic prospects for CO₂ utilization and removal', *Nature*, vol. 575, no. 7781, pp. 87–97, Nov. 2019, doi: 10.1038/s41586-019-1681-6
- [52] FFG, 'Sisyphus', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5120967
- [53] FFG, '1/O-Gas – Integration und Optimierung der Produktion von erneuerbarem Gas aus biogenen Reststoffen', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5125926
- [54] FFG, 'BioMeFilm', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/4536647
- [55] FFG, 'sequestra – Phase 1 – Prototypisierung einer Anlage zur automatisierten Bestimmung des Speicherpotentials von CO₂ in industriellen Reststoffen', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5124367
- [56] FFG, 'sequestra #int1 – Automatisierte Versuchsanlage zur datengetriebenen Optimierung der CO₂-Sequestrierung in Reststoffen'. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5135344
- [57] FFG, 'dmCO₂ – Dimethylcarbonat (DMC) aus CO₂ und Methanol', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5120835
- [58] FFG, 'carbonATE – carbonATE Development of an enzymatic CO₂-capture strategy for an optimised microbiological methanation'. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/3120494
- [59] FFG, 'DECO₂', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 20, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5132347
- [60] FFG, 'GlyCO₂Chem – Converting industrial biogenic by-products glycerol and CO₂ into high value platform chemical Glycerol Carbonate', Projektbeschreibung. Accessed: Oct. 20, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5139436
- [61] FFG, 'NET-CCUS-Fahrplan', Projektbeschreibung. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5142323/pdf
- [62] P. Noothout *et al.*, 'CO₂ Pipeline Infrastructure – Lessons Learnt', *Energy Procedia*, vol. 63, pp. 2481–2492, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.271
- [63] C. Schützenhofer *et al.*, 'Machbarkeitsstudie über ein CO₂-Sammel- und Transportnetz in Österreich'. Oct. 2024. [Online]. Available: www.bmluk.gv.at/dam/jcr:8acbfdbe-ccef-4ee4-836e-cea0e7200ba1/241007-v4_Bericht_CO2Netz_Barrierefrei.pdf
- [64] FFG, 'INFRA-ENSURE: Tackling uncertainties post-2030: cross-sectoral infrastructure demands to ensure the Austrian "Klimawende"', Projektbeschreibung. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5136189
- [65] FFG, 'CASA – CO₂-Speicherpotential und Speichereigenschaften von salinaren Aquifer-Systemen', Projektbeschreibung. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5139044
- [66] FFG, 'CCS-Hubs – CCS-Hubs in Österreich – Identifikation geeigneter Anfangspunkte für den Aufbau einer österreichischen CCS-Infrastruktur'. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: www.projekte.ffg.at/projekt/5137900
- [67] EPICO KlimaInnovation, 'Leitlinien für eine Carbon Management Strategie 2.0', 2025. [Online]. Available: www.epico.org/uploads/images/EPICO-PAPER-GERMAN-Leitlinien-fur-eine-Carbon-Management-Strategie-004-bis.pdf
- [68] I. Johnstone, S. Fuss, N. Walsh und R. Höglund, 'Carbon markets for carbon dioxide removal', *Climate Policy*, vol. 26, no. 1, pp. 151–158, Jan. 2026, doi: 10.1080/14693062.2025.2478288
- [69] S. Benson *et al.*, 'Chapter 5 – Underground geological storage. IPCC Special Report on CO₂ capture and sequestration.', in *IPCC special report on carbon dioxide capture and storage*, 2005, pp. 197–265.
- [70] P. Korntner, A. Oehler, B. Windsperger und A. Windsperger, 'GAP-Analyse: CCUS-Technologien Österreich', *Berichte aus der Energie- und Umweltforschung*, Wien, 80/2025, 2025.
- [71] A. Veseli *et al.*, 'CCUS in Österreich – Einordnung der rechtlichen Rahmenbedingungen und Perspektive der emissionsintensiven Industrie', CCCA, Policy Brief #2, 2025.
- [72] A. Brad *et al.*, 'The politics of carbon management in Austria: Emerging fault lines on carbon capture, storage, utilization and removal', *Energy Research & Social Science*, vol. 116, p. 103697, 2024, doi: 10.1016/j.erss.2024.103697
- [73] CDRterra Project, 'CDRterra'. 2024. [Online]. Available: www.cdrterra.de
- [74] G. Guidati, 'Bedeutung einer CO₂-Infrastruktur', *Aqua & Gas*, no. 11/2024, 2024, [Online]. Available: www.digitalcollection.zhaw.ch/server/api/core/bitstreams/11118556-1fcd-4996-b591-659a203c36d3/content

Impressum

REDATKION

Michael Ornetzeder, Johannes Schmidt

REDAKTIONELLE MITARBEIT

Julian Kragler, Franziska Schöninger

GESTALTUNG

Karin Windsteig

HERAUSGEGEBEN

Kommission zur Defossilisierung und
Kohlenstoffneutralität des europäi-
schen Energiesystems (DEE), ÖAW

KONTAKT

T +43 1 51581 3210

dee@oeaw.ac.at

MEDIENINHABER

Österreichische Akademie
der Wissenschaften
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2
1010 Wien



ALLE INFOS UNTER:
[OEAW.AT/DEE](https://oeaw.at/dee)

