



CCUS in Österreich – Potenziale, Technologien und Folgenabschätzung

Autor:innen: Hans Böhm^a, Susanne Hochmeister^b, Philipp Wolf-Zöllner^c, Jakob Kulich^d, Karin Fazeni-Fraisl^a, Markus Lehner^c, Holger Ott^d

^a Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Altenberger Straße 69, 4040 Linz

^b Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Department Umwelt- und Energieverfahrenstechnik, Montanuniversität Leoben, Parkstraße 31, 8700 Leoben

^c Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes, Department Umwelt- und Energieverfahrenstechnik, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben

^d Lehrstuhl für Reservoir Engineering, Department Geoenery, Montanuniversität Leoben, Parkstraße 27, 8700 Leoben

1. Einleitung

Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) wird als essenzieller Baustein zur Erreichung der gesetzten Klimaziele angesehen. Allerdings besteht hier ein gewisses Wissensdefizit bzgl. des tatsächlichen Potenzials dieser Technologien in Bezug auf Österreich, sowie den technischen und wirtschaftlichen Implikationen. Diesen Problemstellungen hat sich das Forschungsprojekt CaCTUS mit folgenden Zielen gewidmet:

- die Identifizierung und Quantifizierung der technischen Potenziale von CCUS in Übereinstimmung mit dem nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP),
- die Identifizierung der quellspezifischen Klimawirkungen und der senkenbezogenen Netto-Reduktionspotenziale,
- die techno-ökonomische Bewertung von CCUS und deren Beitrag zur Klimaneutralität Österreichs,
- die Evaluierung von Barrieren und regulatorischen Defiziten, die eine frühzeitige Umsetzung und Wirkung verhindern und
- die Ableitung von Empfehlungen zur Unterstützung klimafreundlicher CCUS-Aktivitäten in Österreich.

Dieser Policy Brief zeigt langfristige Quellen- und Nachfragepotenziale für CO₂ sowie geologische Speicherpotenziale auf und schätzt techno-ökonomische und klimarelevante Folgen verschiedener Wertungspfade bezogen auf Zielsetzungen zur Klimaneutralität ab. Die abgeleiteten Maßnahmen weisen auf das strategische Potenzial verstärkter Kreislaufwirtschaft und Nutzung von Synergien in der Energietransformation hin. Insgesamt bedarf es dazu der Schaffung umfassender und angemessener Rahmenbedingungen für CCUS in Österreich ohne den Grundprinzipien der Defossilisierung, wie «mitigation first» und «energy efficiency first», entgegenzuwirken. Daher sollte CCS in erster Linie (bilanziell) zur Bindung von «hard-to-abate»-Emissionen¹ zur Anwendung kommen.

In Ergänzung zum vorliegenden Dokument werden die aktuellen Rahmenbedingungen und die Perspektive der Stakeholder in Bezug auf CCUS in einem weiteren [Policy Brief](#) behandelt.

¹ Schwer- oder nicht-vermeidbare Emissionen, wobei die Definition zeitlich veränderlichen technischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen unterliegt (vgl. konditionale Definition in der österreichischen Carbon Management Strategie https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/jcr:7fc71c2b-3f98-4893-bd8c-5d1a2f9f89e7/103a_1_bei_nbf.pdf).

2. Zentrale Fragestellungen

Das vorliegende Policy Brief ist im Folgenden in fünf zentrale Fragestellungen strukturiert, die im Rahmen des Projekts CaTUS thematisiert wurden. Die erarbeiteten Kernaussagen dienen im nächsten Schritt der Ableitung von Maßnahmenempfehlungen zur Umsetzung von CCUS bzw. offenen und zukünftig zu behandelnden Forschungs- & Entwicklungsthemen.

2.1 Welche Emissions- und Bedarfspotenziale bestehen für CCUS unter dem Ziel der Klimaneutralität?

Um die Notwendigkeit von CCUS-Technologien als Teil der Erreichung der gesetzten Klimaneutralitätsziele zu bewerten, wurden die zu erwartenden CO₂- bzw. Kohlenstoffpotenziale sowohl angebots- als auch bedarfsseitig analysiert. Dazu wurde einerseits die Entwicklung der CO₂-Emissionen aus den Sektoren Industrie und Energie bezogen auf drei unterschiedliche Defossilisierungspfade² abgeschätzt und geographisch verortet (siehe Abbildung). Andererseits wurde auf Basis der heutigen heimischen Produktion von Basischemikalien, sowie dem zukünftigen Bedarf an erneuerbaren Energieträgern ein Bedarfspotenzial erhoben³. Unter Berücksichtigung zusätzlicher dezentraler, biogener Quellen resultiert eine nationale Kohlenstoffbilanz für Österreich (siehe Abbildung 1).⁴

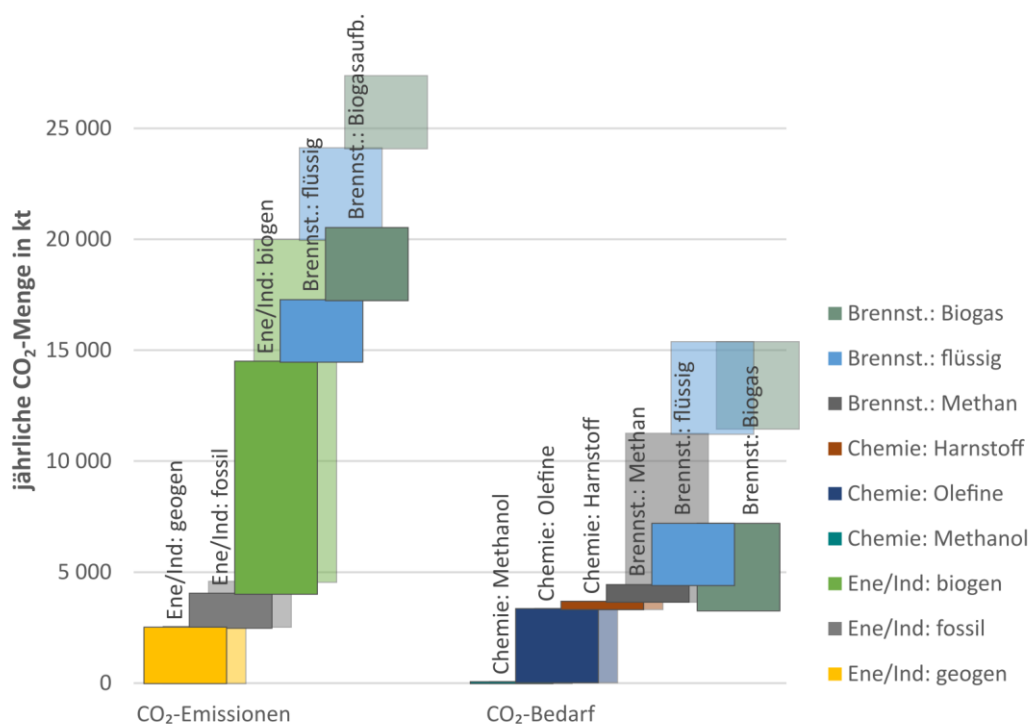


Abbildung 1: Kohlenstoffbilanz für den "progressiven" (Vordergrund) und "moderaten" (Hintergrund) Defossilisierungspfad im Zieljahr 2050. Links: Emissionen aus den Sektoren Industrie und Energie (inkl. Potenzial aus Biogasaufbereitung) sowie dem Einsatz flüssiger Kraftstoffe; rechts: Bedarf für in AT produzierte Basischemikalien und Brennstoffe, abzgl. Biogaspotenziale.

² Die Szenarien («Reference», «Moderate», «Progressive») basieren auf den NEFI Dekarbonisierungsszenarien [1]

³ Siehe auch dazu publizierte Artikel [2], [3]

⁴ Das CO₂-Potenzial aus Biogas und Bedarfspotenziale an erneuerbaren Energieträgern basierend auf der Studie «Erneuerbares Gas in Österreich 2040» [4]

Kernaussagen – Emissions- und Bedarfspotenziale in Österreich

- Auch in den untersuchten Szenarien mit dem Ziel der Klimaneutralität verbleiben mittel- und langfristig CO₂-Emissionen im Ausmaß von 17 bis 27 Mio. Tonnen pro Jahr (inkl. biogene und dezentrale Quellen).
- Neben der Reduktion der Gesamtemissionen ist unabhängig vom Zielpfad bis 2050 von einer Verschiebung von fossilen hin zu biogenen Emissionen auszugehen.
- Ein überwiegender Teil der Restemissionen verbleibt aus stationären Punktquellen und ist damit vergleichsweise einfach zu fassen.
- Trotz Defossilisierung⁵ verbleiben Restemissionen im Umfang von mind. 4–5 Mio. Tonnen aus geogenen (z. B. Zementherstellung) und fossilen (z. B. Endverwertung bereits in Umlauf befindlicher Produkte) Quellen. Diese sind zur Erreichung der Klimaneutralität (bilanziell) dauerhaft zu binden oder speichern.
- Aus der heutigen Produktion chemischer Grundstoffe und dem zukünftigen Bedarf an gasförmigen und flüssigen Energieträgern folgt ein Kohlenstoffbedarf äquivalent zu bis zu 15 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr.
- Dieser Kohlenstoffbedarf kann voraussichtlich nicht vollständig durch heimische biogene Ressourcen gedeckt werden. Daraus folgt eine Notwendigkeit für CCUS im Rahmen der Klimaneutralität.

2.2 Welche Technologien sind für Abscheidung von CO₂ in Hinblick auf die gesetzten Klimaziele relevant?

Für die Abscheidung von CO₂ aus unterschiedlichen Prozessen und (Abgas-)strömen steht grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien zur Verfügung. Zur Einordnung ihrer Relevanz in Bezug auf die Erreichung der gesetzten Klimaziele, wurden diese Technologien im Zuge des Projekts hinsichtlich ihrer zugrundeliegenden Prozesse, dem damit verbundenen Aufwand zur CO₂-Abtrennung und ihrem Technologiereifegrad (TRL) charakterisiert. Zudem erfolgte eine prinzipielle Zuordnung der Abscheidetechnologien zu den identifizierten CO₂-Quellen bzw. deren Prozessen.⁶

Kernaussagen – CO₂-Abscheidungstechnologien

- Carbon Capture aus Punktquellen ist, je nach Technologie, bereits **im industriellen Umfeld erprobt** und, insbesondere im Bereich der chemischen Absorptionstechnologien, bereits **größentechnisch verfügbar**.
- Die erprobten Abscheidetechnologien weisen durchgehend einen hohen spezifischen **Energiebedarf von bis zu 10 GJ je Tonne CO₂** auf. Je nach Technologie kann dieser aber auch z. T. thermisch (und damit bspw. aus Abwärme) bereitgestellt werden.
- Der Aufwand, und damit die Kosten, der Abscheidung steigen mit sinkendem CO₂-Gehalt im zugeführten Rohgas, sowie mit steigenden Anforderungen an die Reinheit des abgeschiedenen CO₂.
- Alle relevanten Technologien ermöglichen das Erreichen von **Abscheideraten von bis zu 99 %**.
- Um Carbon Capture effektiv im großen Maßstab betreiben zu können, müssen der Energiebedarf und die Kosten noch deutlich sinken.

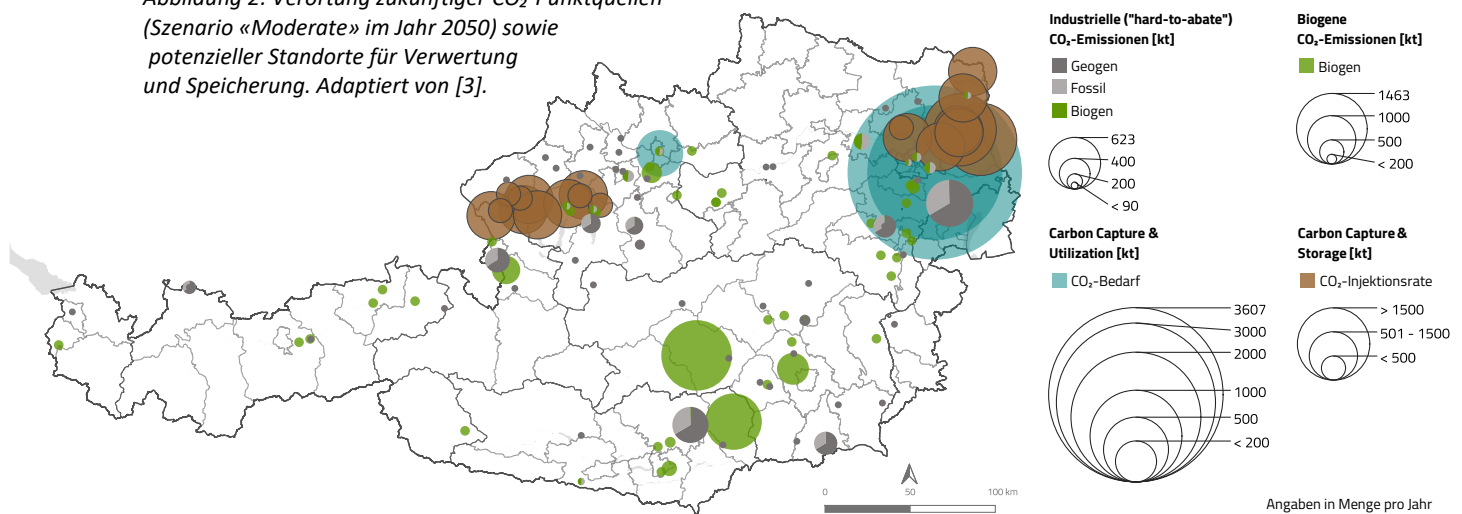
⁵ Defossilisierung meint die generelle Vermeidung von fossilen Energieträgern durch Maßnahmen, wie Elektrifizierung, Verschiebung zu biogenen Energieträgern, Effizienzsteigerung, etc.

⁶ Die Ergebnisse der Charakterisierung wurden in Form eines CCCA-Factsheets zusammengefasst und publiziert, siehe [5]

2.3 Welche heimischen Potenziale bestehen zur geologischen Speicherung von CO₂?

Um den möglichen Beitrag von inländischer CO₂-Speicherung im Sinne von CCS als Teilmaßnahme zur Erreichung der Klimaneutralität zu bewerten, wurden die potenziellen Kapazitäten, die im Falle einer (partiellen) Aufhebung des bestehenden CCS-Verbots zur Verfügung stehen könnten, analysiert. Dazu wurden unterschiedliche Speicheroptionen hinsichtlich der zugrundeliegenden geologischen Strukturen und den resultierenden Speichermechanismen charakterisiert. In diesem Zusammenhang wurden die Kapazitäten quantifiziert sowie geographisch verortet und den zuvor beschriebenen zukünftigen CO₂-Quellenpotenzialen gegenübergestellt (siehe Abbildung 2).⁷

Abbildung 2: Verortung zukünftiger CO₂-Punktquellen (Szenario «Moderate» im Jahr 2050) sowie potenzieller Standorte für Verwertung und Speicherung. Adaptiert von [3].



Kernaussagen – CO₂-Speicherung

- Potenzielle nationale CCS-Kapazitäten im Bereich ausgeförderter **Öl- und Gaslagerstätten** sind besser bekannt und charakterisiert als andere Formationen. Das theoretische Potenzial ist auf **etwa 300 Mio. Tonnen CO₂** limitiert, wobei das Potenzial allein in größeren Gasfeldern rund 120 Mio. Tonnen beträgt.
- Für heimische **saline Aquifere** (poröse salzwasserführende Gesteinsschichten) werden CCS-Kapazitäten im Bereich mehrerer hundert Millionen Tonnen geschätzt, allerdings bedürfen diese erst entsprechender **Exploration und Charakterisierung**.
- Für einzelne Speicherstätten existieren **potenzielle Nutzungskonflikte**, bspw. mit der Speicherung von Wasserstoff oder der geothermischen Nutzung. Trotz potenzieller alternativer Nutzungskonzepte ist ein relevantes geologisches CO₂-Speicherpotenzial vorhanden.
- **Umweltrisiken**, wie diffuse CO₂-Austritte oder Auswirkungen auf Grundwasserchemie, werden nach aktuellem Forschungsstand **als gering eingestuft**. **Sorgfältiges Monitoring**, wie in der EU-Richtlinie zu CCS vorgesehen, soll **zur Risikominimierung** beitragen.

⁷ Siehe auch dazu publizierte Artikel [6], [7]

2.4 Welche ökonomischen & ökologischen Folgen ergeben sich durch den Einsatz von CCUS?

Zur Identifikation der ökologischen Auswirkungen und der Treibhausgasemissionen unterschiedlicher CCUS-Pfade wurden repräsentative Szenarien bewertet. Diese Szenarien bilden in erster Linie den Einfluss unterschiedlicher Parameter, hinsichtlich Quelle, Abscheidung, Transport und Verwertung bzw. Speicherung ab, anstatt definitiver Quellen-Senken-Pfade. Bewertet wurden einerseits die Kosten bzw. das CO₂-Reduktionspotenzial in Bezug auf die Bindung einer Tonne CO₂ in einem Produkt bzw. einer Speicherstätte (unabhängig von der Bindungsdauer). Darüber hinaus wurden für ausgewählte Produkte die jeweiligen Herstellungspfade über die CCU-Route gegenüber konventioneller, fossiler Produktion mit CCS verglichen (siehe Abbildung 3).

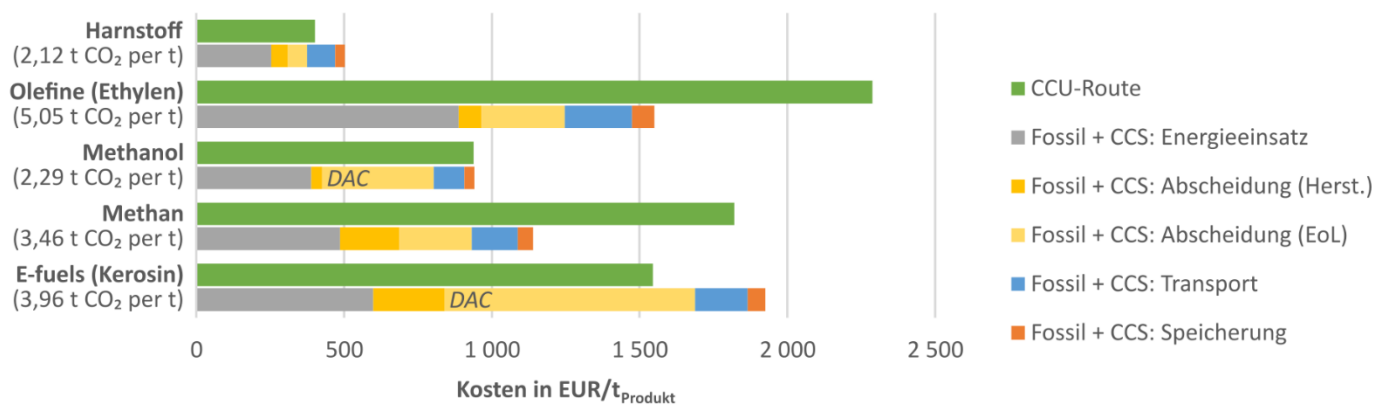


Abbildung 3: Kostenvergleich CCU vs. konventionelle Herstellung inkl. CCS für ausgewählte Produktrouten (inkl. End-of-Life-Emissionen).⁸

Kernaussagen – Ökonomische & ökologische Auswirkungen

- Die Abscheidung aus konzentrierten Punktquellen (hohe individuelle CO₂-Gehalte und -Mengen) ist ökonomisch der Abscheidung aus dezentralen Quellen oder Direct Air Capture (DAC) zu bevorzugen.
- Für den reinen Zweck der Bindung von CO₂ ist die permanente Speicherung im Sinne von CCS einer Verwertung in Produkten aus ökonomischer und ökologischer Perspektive zu bevorzugen, da hier keine Aufwände für eine folgende Produktsynthese anfallen.
- Die Herstellung über den CCU-Pfad kann für gewisse Produkte gegenüber einer fossilen Erzeugung mit CCS ökonomisch von Vorteil sein, insbesondere dann, wenn die mit der **Verwertung am Ende der Produktlebensdauer** (End-of-Life) verbundenen Emissionen mitberücksichtigt werden.
- Als **primäre Treiber für Kosten und Treibhausgasemissionen der CCU-Pfade** sind die Energiebedarfe der Produktsynthese (Utilization), im Wesentlichen **erneuerbarer Wasserstoff und Strom**, zu erwarten.
- Zur Erreichung der Nettoerdrückung von CO₂-Emissionen gegenüber konventionellen Prozessen ist für CCUS die **Nutzung von erneuerbaren Energieträgern essenziell**.

⁸ Grenzkostenbetrachtung; einheitliche Energiekosten (Strom: 65 €/MWh, H₂: 100 €/MWh, Wärme: 55 €/MWh, Erdgas: 35 €/MWh, Diesel/Benzin/Naphtha: 50 €/MWh, Sonstige: 60 €/MWh)

3. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Aus den zuvor angeführten Analysen und Kernaussagen in Bezug auf CCUS in Österreich wurden folgende Handlungsfelder bzw. Forschungs- und Entwicklungsbedarfe identifiziert.

- Wengleich teilweise regionale Überschneidungen von zukünftigen CO₂-Quellen und -Senken in Österreich identifiziert wurden, bedarf es für die Implementierung von CCUS-Pfaden der **Schaffung einer** entsprechenden **überregionalen CO₂-Transportinfrastruktur**. In diesem Zusammenhang sollten zudem potenzielle Synergien mit anderen Infrastrukturbedarfen, wie Wasserstoffnetze, erhoben und berücksichtigt werden.
- Die großtechnische Umsetzung von CCU und CCS kann durch die **Vernetzung potenzieller regionaler Cluster** realisiert werden. Dabei ist es entscheidend, den optimalen Hochlauf dieser CO₂-Infrastruktur zu identifizieren.
- Die **Verfügbarkeit günstiger erneuerbarer Energieträger**, insb. Wasserstoff und Strom, ist **ein essenzieller Faktor** für die Wirtschaftlichkeit von CCU gegenüber CCS und auch zur Erzielung von Treibhausgaseinsparungen von CCU-Pfaden unumgänglich.
- Der regulatorische Vorteil von CCS (Ausnahme für die Abgabe von Zertifikaten) gilt als ökonomisches Hemmnis für CCU. Hier braucht es die **Berücksichtigung von Kreislaufwirtschaftslösungen für CO₂ im Emissionshandel** unter der Prämisse der Vermeidung von (zusätzlichen) fossilen Primäremissionen.
- Der zukünftige Bedarf an Kohlenstoff für synthetische Produkte muss nicht zwingend (ausschließlich) über CO₂ gedeckt werden. Hier sind **Konzepte im Sinne einer effizienten Kreislaufwirtschaft in übergeordneten Energie- und Klimastrategien** zu berücksichtigen.
- Im Zusammenhang mit CCU kann die Vermarktung als «Green Premium»-Produkte evtl. ökonomische Nachteile gegenüber fossilen Produkten kompensieren. Für eine Abschätzung dieses Marktpotenzials sind zusätzliche technoökonomische Analysen erforderlich.
- Die Abscheidung von CO₂ sowie insbesondere die Produktsynthese stellen einen **wesentlichen Energiebedarf an Strom, Wärme und Wasserstoff** dar (gesamt bis zu 45 TWh)⁹, der **in übergeordneten Energie- und Klimastrategien zu berücksichtigen** ist.
- Für Carbon Capture wurden Technologien identifiziert, die Vorteile, speziell in Bezug auf den Energiebedarf und Effizienz der CO₂-Abscheidung, bieten. Zur Erreichung einer Technologiereife **für den industriellen Einsatz** weisen diese z. T. aber noch **Bedarf in Forschung und Entwicklung** auf.
- Die **potenziellen Umweltauswirkungen von CCUS**, und im Speziellen der Abscheidung, sind abseits der Reduktion von Treibhausgasemissionen und dem Energiebedarf bislang **nur bedingt untersucht**. Hier sind primär die ökologischen Effekte der verwendeten Stoffe und Materialien (z. B. Waschlösungen) näher zu analysieren.

⁹ Für die Abscheidung der gesamten Restemissionen aus den identifizierten Punktquellen (siehe Abbildung 1, ohne Biogasaufbereitung) wird ein Gesamtenergiebedarf (Strom und Wärme) von bis zu 19 TWh abgeschätzt, für die Synthese der betrachteten Basischemikalien (Harnstoff, Methanol, Olefine) im Ausmaß der heutigen Produktion ein Wasserstoffbedarf von ca. 16 TWh und ein Strombedarf von ca. 9 TWh.

- Der Verbleib fossiler und geogener Restemissionen trotz Defossilisierung des Primärenergiebedarfs macht **Maßnahmen zur dauerhaften Speicherung bzw. Bindung von CO₂ jedenfalls notwendig zur Erreichung der Klimaneutralität**. Dies ist in zukünftigen Klimastrategien entsprechend zu berücksichtigen.
- Die **heimischen Kapazitäten für CCS** in Öl- und Gaslagerstätten **sind limitiert und unterliegen potenziell Nutzungskonflikten**. Für eine langfristige Ausweitung der Kapazitäten ist eine Exploration der Potenziale in anderen geologischen Formationen, wie z. B. salinen Aquiferen, erforderlich.
- Im Falle einer (partiellen) Aufhebung des CCS-Verbots in Österreich ist eine fundierte räumliche Planung des Untergrunds erforderlich, um die genannten Nutzungskonflikte effektiv zu vermeiden, was die Verfügbarkeit umfassender Untergrunddaten voraussetzt.
- Die **Karbonatisierung CO₂-bindender Materialien** (z. B. Schlacke, Altbeton) wird **als potenziell vielversprechende Alternative zur langfristigen Speicherung** via CCS angesehen. Hier besteht allerdings zusätzlicher Forschungs- & Entwicklungsbedarf zur industriellen Umsetzung sowie zur Bestimmung tatsächlicher Energiebedarfe und dem Potenzial zur Substitution fossiler Produkte.
- Für CCU besteht **Forschungs- und Entwicklungsbedarf zur Erhöhung der Effizienz bzw. Senkung des Energiebedarfs der Syntheserouten** (z. B. durch Entwicklung neuer Katalysatoren oder elektro- und photochemischer Routen) sowie zur Nutzung von Synergiepotenzialen mit bestehender industrieller Infrastruktur.

Die Ergebnisse machen zudem deutlich, dass eine **verstärkte Kreislaufwirtschaft und die Nutzung potenzieller Synergien** in der Energietransformation strategische Potenziale bieten, um die Klimaziele effizient zu erreichen. Dazu bedarf es wohl aber auch einer integrierten Betrachtung von bisher weitgehend unabhängigen nationalen Strategien, wie der Carbon Management Strategie, der Wasserstoff-Strategie, dem integrierten österreichischen Netzinfrastrukturplan, und der Kreislaufwirtschaft-Strategie, unter dem Schirm einer gesamtheitlichen Strategie zur effizienten, klimaneutralen Kreislaufwirtschaft. Zudem muss sichergestellt sein, dass durch die Einbindung von CCUS in nationale Klimastrategien die **Grundprinzipien der Defossilisierung**, wie «mitigation first» und «energy efficiency first», **nicht konterkariert** werden. In diesem Zusammenhang sollte die permanente Speicherung von CO₂ in erster Linie der (bilanziellen) Bindung von «hard-to-abate»-Emissionen und der Bildung von Negative-missionen (Carbon Dioxide Removal, CDR) dienen.

Literatur

- [1] V. Alton et al., “Pathway to Industrial Decarbonisation - Scenarios for the development of the industrial sector in Austria,” NEFI - New Energy for Industry, Wien, Nov. 2022. Accessed: Dec. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.nefi.at/de/dekarbonisierungsszenarien>
- [2] S. Hochmeister, L. Kühberger, J. Kulich, H. Ott, and T. Kienberger, “Carbon Management für ein klimaneutrales Österreich,” *Elektrotech. Inftech.*, vol. 141, no. 5, pp. 299–306, Aug. 2024, doi: [10.1007/s00502-024-01235-8](https://doi.org/10.1007/s00502-024-01235-8).
- [3] S. Hochmeister, L. Kühberger, J. Kulich, H. Ott, and T. Kienberger, “A methodology for the determination of future Carbon Management Strategies: A case study of Austria,” *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, vol. 41, pp. 108–124, Jun. 2024, doi: [10.54337/ijsepm.8280](https://doi.org/10.54337/ijsepm.8280).
- [4] M. Baumann et al., “[Erneuerbares Gas in Österreich 2040](#),” 2021.
- [5] P. Wolf-Zöllner, M. Lehner, and H. Langitz, “Status und Potenziale von Carbon Capture,” vol. [CCCA Factsheet #48](#), 2024.
- [6] J. Kulich and H. Ott, “CCS Capacity in Austria and its Competitive Usage of the Subsurface,” *SSRN Journal*, 2025, doi: [10.2139/ssrn.5068885](https://doi.org/10.2139/ssrn.5068885).
- [7] H. Ott and J. Kulich, “CCS: Chancen und Risiken einer umstrittenen Technologie,” *Berg Huettenmaenn Monatsh*, vol. 169, no. 10, pp. 553–559, Oct. 2024, doi: [10.1007/s00501-024-01508-x](https://doi.org/10.1007/s00501-024-01508-x).

Weiterführende Informationen und Ergebnisse des CaCTUS-Projekts finden Sie unter <https://project-cactus.at/>.



Impressum
CCCA
Dänenstraße 4
A-1190 Wien
ZVR: 664173679

servicezentrum@ccca.ac.at
www.ccca.ac.at
Stand: März 2025, Policy Brief #3
ISSN 2410-096X

