 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Carbon Management

Konzepte und Technologien für einen nachhaltigen Kohlenstoffhaushalt

Auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wirtschaftsweise in Österreich hat die Vermeidung von Treibhausgasemissionen in allen Sektoren oberste Priorität. In einigen Bereichen der Industrie, der Abfallwirtschaft und der Landwirtschaft wird es aber auch in Zukunft nicht oder nur schwer vermeidbare klimaschädliche Emissionen geben. Neue Technologien zur Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ können hier einen Lösungsansatz bieten. Strategien und Konzepte dazu werden in Österreich aktuell erforscht und demonstriert.



Aminwäscher zur Abscheidung von CO₂, Foto: voestalpine Stahl GmbH

CCU und CCS

Abscheidung, Nutzung und Speicherung von nicht vermeidbaren Treibhausgasemissionen

Um die nationalen Klimaziele zu erreichen, müssen sämtliche Sektoren ihre klimaschädlichen Emissionen so weit wie möglich reduzieren. Die wichtigsten Schritte dazu sind der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger, ein effizienter und sparsamer Energie- und Ressourceneinsatz sowie der Übergang zur Kreislaufwirtschaft. Darüber hinaus gilt es, die Resilienz der Ökosysteme zu stärken und die dauerhafte Kohlenstoffspeicherung in natürlichen Senken weiter auszubauen.

Ein Schlüsselbereich ist die industrielle Produktion, da hier ein großer Anteil der CO₂-Emissionen entsteht.¹ In vielen Industriebranchen wurden in den vergangenen Jahren bereits Strategien zur Dekarbonisierung erarbeitet. Durch den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern und neuartigen Produktionsverfahren sollen prozessbedingte Treibhausgasemissionen ganz vermieden werden. In einigen Industriezweigen wie z. B. in der Zement-, Kalk- und Glasindustrie sowie in der Stahl- und Eisenproduktion kann durch diese Maßnahmen allerdings nur ein Teil der Emissionen reduziert werden. Aufgrund von chemischen Prozessen (z. B. beim Brennen von Kalk für die Produktion von Zement)

werden hier weiterhin CO₂-Emissionen entstehen. Auch in der Abfallwirtschaft wird beim Verbrennen organischer Materialien CO₂ emittiert. Im Treibhausgasszenario „Transition 2040“ des Umweltbundesamts² werden in den Sektoren Energie und Industrie, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft Restemissionen von etwa rund 15 Prozent der ursprünglichen Emissionen (1990), das entspricht rund 11 Mt. CO₂-Äquivalente verbleiben.

Für diese verbleibenden, schwer vermeidbaren („hard-to-abate“) Emissionen könnten sogenannte Carbon Capture-Technologien (CCU - Carbon Capture and Utilization und CCS - Carbon Capture and Storage) zur Abscheidung, Nutzung und geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid ein Lösungsweg sein. Ziel ist es dabei, CO₂ dauerhaft zu binden, damit es nicht in die Atmosphäre gerät.

¹ Die Gesamtemissionen des Sektors Energie und Industrie (inkl. EH) beliefen sich im Jahr 2022 auf 32,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Die Industrie hatte im Jahr 2022 mit 24,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent den größten Anteil am Sektor Energie und Industrie, wobei die Emissionen aus diesem Bereich gegenüber 1990 um 3,0 Mio. Tonnen bzw. 14 % zugenommen haben. www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0913.pdf

² Quelle: FAQs zu CCU und CCS, BMK 2024, www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0880.pdf

CARBON CAPTURE AND UTILIZATION (CCU)

CCU-Verfahren zielen darauf ab, den Ausstoß von Prozess-emissionen aus industriellen Quellen zu verringern, indem CO₂ eingefangen, aufbereitet und in mindestens einem weiteren Nutzungszyklus als wertvoller Rohstoff für chemische oder biotechnologische Prozesse verwendet wird. Verschiedene Technologien für die Abscheidung von CO₂ aus dem Rauchgas sind bereits bis zur industriellen Reife entwickelt. Für die CO₂-Gewinnung sind Standorte mit großen Mengen an CO₂-Emissionen, sogenannte Punktquellen, z. B. aus der Zement- und Stahlproduktion relevant. Zusätzlich wird u. a. auch an Methoden geforscht, um CO₂ direkt aus der Luft (Direct Air Capture) zu gewinnen. CCU-Technologien benötigen allerdings große Mengen an Strom und Wärme. Um einen positiven Klimaeffekt zu erzielen, muss die eingesetzte Energie in jedem Fall aus erneuerbaren Quellen stammen und die gesamte CO₂-Bilanz des Prozesses betrachtet werden.

Prinzipiell können nach entsprechender Aufbereitung des CO₂ im nächsten Schritt alle Produkte hergestellt werden, die Kohlenstoff enthalten. Potenzielle Anwendungen sind z. B. die Herstellung von Harnstoff für Stickstoffdünger oder Kunstharze, Polyol, z. B. für die Produktion von Polyurethan (PU-Schaum) oder Methanol, das die Ausgangsbasis für viele weitere chemische Produkte ist. Auch synthetische Treibstoffe, wie etwa synthetisches Kerosin können damit erzeugt werden. Diese Weiternutzung führt allerdings nur zu verlagerten oder verzögerten Emissionen, weil das CO₂ dabei nicht permanent gebunden wird.

Geforscht wird u. a. auch daran, mineralische Rohstoffe in Reaktion mit CO₂ in Karbonate umzuwandeln, die dann als Baustoff-Zuschläge (z. B. in Beton) verwendet werden können. Ein weiteres aktuelles Forschungsthema ist die CO₂-Verwertung durch biologische Methanisierung (bioelektrochemische Verfahren sowie Geo-Methanisierung).

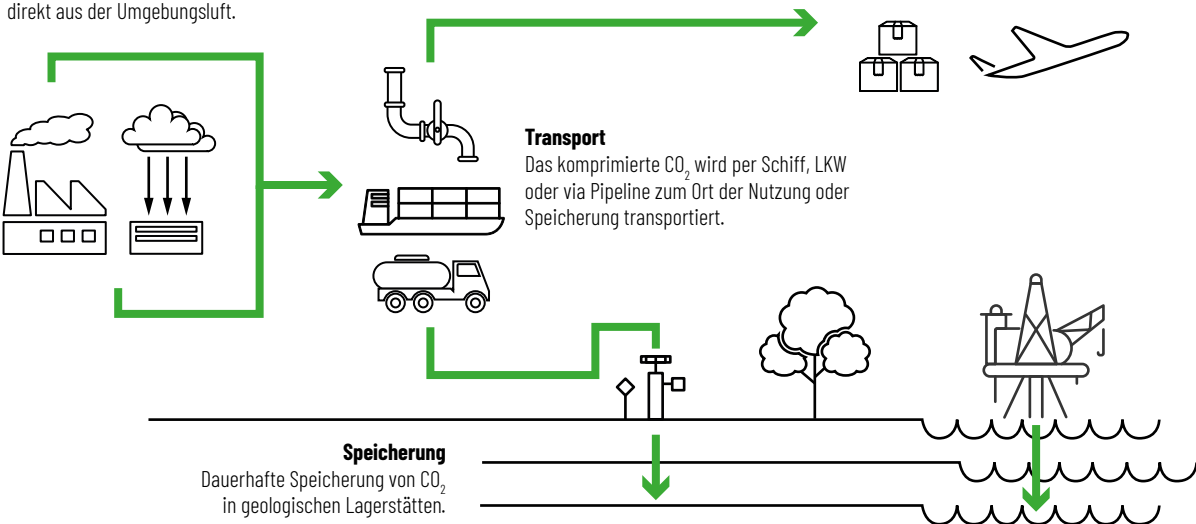
CARBON CAPTURE AND STORAGE (CCS)

CCS bezeichnet die Abscheidung, den Transport und die langfristige Speicherung von CO₂ in unterirdischen Speicherstätten. Die geologische Speicherung von CO₂ wird weltweit seit Jahrzehnten im Rahmen von kleinen Pilot- bis hin zu großen Industrieprojekten und unter verschiedenen geologischen Rahmenbedingungen praktiziert. Geeignete geologische Speicher sind z. B. ausgeförderte Öl- oder Erdgaslagerstätten und Salzwasserführende Gesteinsschichten, sogenannte saline Aquifere. Der Weltklimarat (IPCC) vertritt die Auffassung, dass Verfahren zur CO₂-Abscheidung und permanenten geologischen Speicherung bzw. Bindung benötigt werden, um die Pariser Klimaziele zu erreichen. Voraussetzung ist, dass CO₂ nur dort gespeichert wird, wo es sicher, umweltverträglich und permanent möglich ist.

In dieser Ausgabe stellen wir einige aktuelle Projekte aus Österreich vor, die neue Konzepte und Technologien für die Abscheidung, Umwandlung und Nutzung von CO₂ entwickeln und demonstrieren.

Abscheidung

CO₂-Abscheidung z. B. aus dem Rauchgas von Biomasse-Heizkraftwerken, der Industrie oder direkt aus der Umgebungsluft.



Kohlenstoffhaushalt plus CCU und CCS: Auch in Zukunft wird es einen Teil von nur schwer oder nicht vermeidbaren („hard-to-abate“) Treibhausgasemissionen geben. Ziel ist es, ein Gleichgewicht zwischen diesen Emissionen und der Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre in dauerhaften Kohlenstoffsinken herzustellen. Quelle: climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-capture-use-and-storage/overview_en

Nationale Carbon Management Strategie

Leitfaden für Österreich

In Österreich ist die geologische Speicherung von CO₂ aktuell – außer für Forschungszwecke mit einem geplanten Gesamtspeichervolumen von weniger als 100.000 Tonnen – nicht erlaubt. 2024 wurde eine nationale Carbon Management Strategie (CMS) verabschiedet, die gemeinsam vom Finanzministerium (BMF) und Klimaschutzministerium (BMK) unter Einbindung relevanter Stakeholder:innen und mit Unterstützung eines international besetzten Wissenschaftsbeirats erstellt wurde.

Die Strategie erfasst den nationalen Status Quo und zeigt notwendige Reformschritte sowie weitere Planungsmaßnahmen auf dem Weg zu einem kosteneffektiven Carbon Management für schwer bzw. nicht vermeidbare Restemissionen in Österreich auf. Die Zulassung der geologischen Speicherung dieser verbleibenden CO₂-Emissionen im Bundesgebiet unter strengen Sicherheits- und Umweltauflagen wird empfohlen.

Im Rahmen der Strategie wurde auch eine Definition der sogenannten „hard-to-abate“-Emissionen erarbeitet:

„Prozessbedingt anfallende CO₂-Mengen gelten insoweit als unvermeidbar, als deren Entstehung trotz Optimierung des Produktionsverfahrens oder des Produktes nicht vermieden werden kann. Als unvermeidbar im Rahmen der Transformation zu einer klimaneutralen Grundstoffindustrie gelten diese CO₂-Mengen dann, wenn keine alternativen Prozesse und keine alternativen Produkte oder Ressourcen für denselben Anwendungsfall verfügbar sind bzw. deren Potenziale begrenzt sind.“

Der Leitfaden behandelt die grundsätzlichen rechtlichen Rahmenbedingungen und enthält einen Aktionsplan für die effiziente Planung und Umsetzung von Carbon Management und den Aufbau der dazu notwendigen Infrastruktur in Österreich.

www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/co2/cms.html

”

CCUS-Technologien können einen wesentlichen Beitrag zur Senkung prozessbedingter CO₂-Emissionen leisten, in erster Linie in Sektoren wie der Zement- und der Stahlindustrie sowie der Abfallwirtschaft, die sich nicht vollständig dekarbonisieren lassen. Kombiniert mit Biomasse (BECCS) ermöglichen sie negative Emissionen und können so unvermeidbare Restemissionen kompensieren. Ihre Nachhaltigkeit hängt allerdings von den Rahmenbedingungen ab. Die CO₂-Abscheidung und -Speicherung sind enorm energieintensiv. Dieser Energiebedarf muss vollständig aus erneuerbaren Energien gedeckt werden.

Die dauerhafte Speicherung ist wichtig, um Emissionen langfristig aus dem Kohlenstoffkreislauf zu entfernen. Auf diese Weise kann CCUS ein Baustein in der Erreichung von Klimaneutralität sein. Der Einsatz dieser Technologien darf jedoch nicht als Vorwand dienen, fossile Energie länger zu nutzen oder Dekarbonisierungsmaßnahmen und grundlegende Transformationsprozesse in Industrie, Mobilität und Gebäudesektor zu verzögern.“



Foto: Markus Zahradnik

DR. ALINA BRAD
INSTITUT FÜR POLITIKWISSENSCHAFT, UNIVERSITÄT WIEN



Für die Untersuchungen wurden an der TU Wien zwei Rieselbettreaktoren zur Biomethanisierung mit einem Schüttvolumen von jeweils 17 Liter und einem Gesamtvolumen von je 21,4 Liter gebaut und in Betrieb genommen,
Fotos: TU Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement

BioMeFilm

CO₂ im Biogas von Kläranlagen nutzen

Die Verwertung von CO₂ aus industriellen Abgasen durch die Methanisierung ist ein Verfahren, bei dem mit Hilfe von z. B. erneuerbarer Energie und Wasserstoff Methan erzeugt wird, ein wertvolles Produkt, das wie Erdgas über die bestehende Infrastruktur großräumig verteilt und auch langfristig gespeichert werden kann. Die Technologie der industriellen Methanisierung ist bereits marktreif. Der Prozess benötigt in der Regel hohe Temperaturen und erreicht einen Wirkungsgrad von etwa 80 %.

Ein weiteres innovatives Konzept, das aktuell an der TU Wien erforscht wird, ist die Nutzung von Kohlendioxid via Methanisierung im Biogas großer Kläranlagen. Das Gas enthält neben einem Anteil von etwa 65 % Methan auch etwa 35 % Kohlendioxid. Wie bei der industriellen Methanisierung wird auch bei diesem Verfahren zuerst Wasser unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energiequellen über Wasser-Elektrolyse in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt.

BIOLOGISCHER PROZESS MIT HOHEM POTENZIAL

Im Unterschied zum industriellen Prozess wird hier eine biologische, von Archaeen ausgelöste Methanisierung zur Umwandlung des Kohlendioxids eingesetzt, die bei niedrigen Temperaturen (um 38 °C) stattfindet. Ein weiterer Vorteil ist, dass das verarbeitete Rohgas bereits einen hohen Methangehalt aufweist, sodass sich der Methananteil im erzeugten Biogas auf nahezu 100 % erhöhen lässt. Kläranlagen mit Biogasproduktion verfügen zudem meist über die erforderliche Infrastruktur zur Gasspeicherung und für eine weitere Verstromung. Sie sind selbst große Verbraucher, die über diesen Weg Versorgungs- und Nachfragespitzen ausgleichen können.

Das Konzept verfolgt drei Ziele: die Entlastung des Stromnetzes durch den Energieverbrauch vor Ort, die längerfristige Speicherung der Energieüberschüsse aus Photovoltaik und Wind sowie eine Reduktion der CO₂-Emissionen. Das energetische Potential einer Implementierung der biologischen Methanisierung, die

vor allem für Abwasserreinigungsanlagen mit bestehender Biogasproduktion sehr interessant ist, liegt für Österreich bei 220 GWh/a, bzw. 3 % der erneuerbaren Stromproduktion oder 1 % des gesamten Erdgasbedarfes.

FORSCHUNG AM BIOFILMREAKTOR

In einem Vor-Projekt konnte bereits die grundsätzliche Machbarkeit einer Nutzung von Kohlendioxid via biologischer Methanisierung im Biogas von Abwasserreinigungsanlagen demonstriert werden. Das verfahrenstechnische Konzept, das auf einer Immobilisierung der Bakterienbiomasse auf Aufwuchskörpern basiert, wurde in diesem Rahmen erarbeitet.

Im Projekt BioMeFilm (Biologische Methanisierung im Biofilmreaktor) werden nun die wesentlichen Faktoren für die Umsetzung des Prozesses mit dem Ziel der Weiterentwicklung des Technologie-Reifegrads systematisch untersucht. Zentrale Aspekte im Projekt liegen u. a. in der Untersuchung des Bedarfs der Archaeen an Nährstoffen und Spurenelementen, der langfristigen Stabilität und Effizienz einer biologischen Methanisierungsanlage sowie des Verhaltens im „on-off“ Betrieb mit längeren Standzeiten ohne Beschickung mit Kohlendioxid und Wasserstoff. Projektpartner sind das Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement der TU Wien und die Competence Center CHASE GmbH, die sich mit der Auslegung und Gestaltung von Aufwuchskörpern und Reaktorformen beschäftigt.

Im Rahmen des Projekts sollen die für ein Scale-Up sowie die großtechnische Umsetzung erforderlichen prozess- und verfahrenstechnischen Grundlagen geschaffen werden, um Biofilm-Methanisierungsanlagen am Standort von Kläranlagen mit Biogasproduktion errichten und betreiben zu können. Betreiber großer Kläranlagen und Energieversorgungsunternehmen unterstützen dabei die Forschungsarbeiten.

projekte.ffg.at/projekt/4536647

CCUpScale

Pilotanlage in Tirol für die mineralische Bindung von CO₂

Der österreichische Konzern RHI Magnesita plant in Hochfilzen in Tirol die Realisierung einer CCU (Carbon Capture and Utilization)-Testanlage, die als weltweites Modell für die mineralische Karbonatisierung dienen könnte. Eine neue Technologie – entwickelt vom australischen Cleantech-Startup MCI Carbon – soll hier ab 2028 im praktischen Betrieb demonstriert werden.

RHI Magnesita ist Weltmarktführer für hochwertige feuerfeste Produkte und Systeme, die für Hochtemperaturprozesse über 1.200°C in den Branchen Stahl, Zement, Nichteisenmetalle und Glas unverzichtbar sind. Feuerfestmaterialien schützen Produktionsanlagen (z. B. Hochöfen in der Stahlindustrie) vor extremer Hitze und chemischen Angriffen und spielen eine Schlüsselrolle im Recycling von Metallen. Das Unternehmen verfügt über eine vollständig integrierte Wertschöpfungskette, die von Rohstoffen über feuerfeste Produkte bis hin zu kompletten Lösungen reicht.



RHI MAGNESITA

Das Unternehmen ist weltweit Marktführer im Bereich feuerfeste Produkte und Systeme und beschäftigt über 20.000 Mitarbeiter:innen an 67 Hauptproduktionsstandorten (einschließlich Rohstoffstandorten), 12 Recyclinganlagen und mehr als 70 Vertriebsbüros.



ZUKUNFTSWEISENDE TECHNOLOGIE AUS AUSTRALIEN

Die Herstellung von Feuerfestmaterialien ist ein sehr energie- und emissionsintensiver Prozess. Deshalb investiert RHI Magnesita laufend in innovative Technologien und Lösungen zur Emissionsreduzierung. Die CO₂-Abscheidung und -Nutzung (Carbon Capture and Utilization) spielt dabei eine zentrale Rolle. Das Unternehmen kooperiert dabei mit dem australischen Startup MCI Carbon, das eine Schlüsseltechnologie für die mineralische Karbonatisierung entwickelt hat.

Die Technologie, die derzeit in Australien getestet wird, wandelt CO₂ aus industriellen Prozessen in Industriemineralen wie Magnesit sowie in Silikat um. Diese Materialien können in Bauprodukten wie Beton und Zement, aber auch in Keramik, Düngemitteln, Papier oder Gipsplatten eingesetzt werden. RHI Magnesita ist Hauptinvestor und erster globaler kommerzieller Kunde von MCI Carbon. Der Probetrieb in Australien soll die Skalierbarkeit der Technologie bewerten und den Einsatz in Österreich ab 2028 ermöglichen.

MCI CCU Pilotanlage Newcastle, Foto: MCI Carbon



Standort Hochfilzen der RHI Magnesita mit Rendering der CCU-Testanlage, Foto: RHI Magnesita

PILOTANLAGE IN TIROL

Am Standort Hochfilzen in Tirol plant RHI Magnesita ab 2028 den kommerziellen Rollout einer CCU-Testanlage, in der jährlich 50.000 Tonnen CO₂ aus dem Abgasstrom extrahiert und in chemisch stabile Industriemineralien umgewandelt werden sollen. In einer darauffolgenden Phase bis Anfang der 2030er-Jahre will das Unternehmen den gesamten Standort dadurch zu 90 % dekarbonisieren. Der Bau der ersten kommerziellen CCU-Testanlage in Hochfilzen erfordert zusätzliche Investitionen von über 100 Millionen Euro.

Für die erfolgreiche Realisierung des Projekts ist (neben der Förderung aus öffentlichen Mitteln) entscheidend, dass das mit der MCI Carbon-Technologie abgeschiedene CO₂ als dauerhaft chemisch gebunden anerkannt wird und keine Verpflichtung zur Abgabe von EU-ETS-Zertifikaten besteht.

Zur Unterstützung des Projekts setzt RHI Magnesita vollständig auf den Einsatz von erneuerbaren Energien. Auch die Logistik am Standort soll durch ein neues Logistikzentrum optimiert werden, um den Transport von Rohmaterialien und Produkten noch effizienter per Bahn abwickeln zu können.

BEITRAG ZU KLIMANEUTRALITÄT UND KREISLAUFWIRTSCHAFT

Rohstoff für die Feuerfestprodukte ist Magnesiumkarbonat, das von RHI Magnesita aus Bergwerken zutage gefördert wird. Während der Produktion des Feuerfestmaterials löst sich CO₂ aus dem Gestein und entweicht in die Atmosphäre. In Zukunft soll das CO₂ eingefangen und in der MCI-Anlage in ein silikatisches Mineral sowie Magnesiumkarbonat umgewandelt werden.

Durch den Einsatz des Silikatprodukts als CO₂-armer alternativer Zuschlagstoff z. B. in der Zementindustrie können pro Tonne bis zu 50 % CO₂ eingespart werden. Langfristig will RHI Magnesita jährlich 800.000 Tonnen Silikat an die Zementindustrie (vorwiegend regional, im Umkreis von wenigen hundert Kilometern) liefern. Weiters sollen 350.000 Tonnen Magnesit im CO₂-Kreislaufverfahren verarbeitet werden und als Rohstoff in verschiedenen Industrien zum Einsatz kommen – ohne zusätzliche CO₂-Freisetzung. Damit wird RHI Magnesita einen entscheidenden Beitrag zur Dekarbonisierung sowohl am Standort Hochfilzen als auch in anderen Industrien leisten.

INTERNATIONALE AUSZEICHNUNG UND FÖRDERUNG

Das Projekt „CCUpScale“ wurde 2024 mit dem Net-Zero-Industries Awards als „National Winner Austria“ in der Kategorie „Outstanding Projects“ ausgezeichnet.¹

Im Rahmen des „Australia-Austria Call for Industrial Decarbonisation“ der Mission Net-Zero-Industries wird das Startup MCI Carbon von australischer Seite gefördert, während RHI Magnesita durch den Klima- und Energiefonds für die Entwicklung der CCU-Pilotanlage in Hochfilzen unterstützt wird. Diese F&E-Förderung ermöglicht entscheidende Aktivitäten wie die Rohstoffanalyse, Vor-Demonstrationsversuche, das Prozess-Engineering zur Skalierung und die industrielle Integration – zentrale Meilensteine für den Fortschritt der zukunftsweisenden CCU-Anlage.

www.rhimagnesita.com/rhi-magnesita-and-australian-cleantech-mci-carbon-enter-long-term-strategic-cooperation-to-decarbonise-refractories

¹ mission-innovation.net/missions/net-zero-industries-mission/net-zero-industries-award-2024

Leitprojekte ZEUS und C-CED

Neue Technologien zur CO₂-Abscheidung und -Verwertung

Für die Abtrennung und die weitere Verwertung von CO₂ aus industriellen Abgasen gibt es unterschiedliche Konzepte und Verfahren, die verschiedene Vor- und Nachteile haben. Neben dem technischen Reifegrad sind der Investitionsbedarf und die laufenden Kosten entscheidende Faktoren für die Bewertung und den Einsatz dieser Konzepte. Im Rahmen von zwei großen Leitprojekten werden aktuell zukunftsweisende CCU-Technologien für einen nachhaltigen Kohlenstoffkreislauf erforscht und demonstriert.

ZEUS (ZERO EMISSIONS THROUGH SECTOR COUPLING)

Im Leitprojekt ZEUS arbeiten Partner:innen aus der Energiewirtschaft, der Industrie und der Forschung¹ unter der Leitung von K1-MET zusammen, um die Produktion von grünem Wasserstoff sowie die Kreislaufführung von erneuerbaren Gasen bzw. flüssigen Kohlenwasserstoffen am Beispiel der Stahl- und Zementindustrie zu demonstrieren. Im industriellen Umfeld werden dazu verschiedene Technologien erforscht, getestet und teils miteinander verknüpft (vgl. eia 2/2024).

www.wiva.at/project/zeus



CO₂-ELEKTROLYSE

Ein innovativer Ansatz zur Erzeugung von nachhaltigen chemischen Grundstoffen ist die elektrochemische Umwandlung von CO₂. Ähnlich wie in einer Elektrolysezelle für Wasser kann CO₂ kontinuierlich in einer elektrochemischen Zelle durch erneuerbaren elektrischen Strom zu kohlenstoffhaltigen Produkten wie z. B. Synthesegas (Mischung aus CO und H₂) oder Ameisensäure umgewandelt werden. Entscheidend dabei sind der verwendete Katalysator bzw. dessen Integration in die elektrochemische Zelle, das Zelldesign sowie die Optimierung der Prozessparameter. Durch Steuerung der Prozessparameter kann beispielsweise das CO/H₂-Verhältnis im Produktgas flexibel angepasst werden. Im Rahmen von ZEUS werden zwei Pilotanlagen realisiert – eine Pilotanlage in der Stahlindustrie bei der voestalpine Stahl GmbH (Produkt Synthesegas) und eine Pilotanlage in der Zementindustrie bei Rohrdorfer in Gmunden (Produkt Ameisensäure). Projektziel ist die erstmalige Demonstration dieser Technologie mit realem CO₂ aus industriellen Abgasen bzw. die Kreislaufführung von CO₂ an den beiden Industriestandorten. Mit einer Größenordnung von 5 kg/h gehören die beiden Anlagen zu den größten weltweit.

¹ **PROJEKTPARTNER:** K1-MET GmbH, Energieinstitut an der JKU Linz, Institut für Organische Chemie - JKU Linz, GIG Karasek GmbH, Montanuniversität Leoben – Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes, Rohrdorfer Zement – Zementwerk Hatschek GmbH, TU Wien – Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften, Verbund AG, voestalpine Stahl GmbH, WIVA P&G – Wasserstoffinitiative Vorzeigeregion Austria Power & Gas



Aufbau einer katalytischen Methanisierung, Foto: K1-MET GmbH



KATALYTISCHE METHANISIERUNG

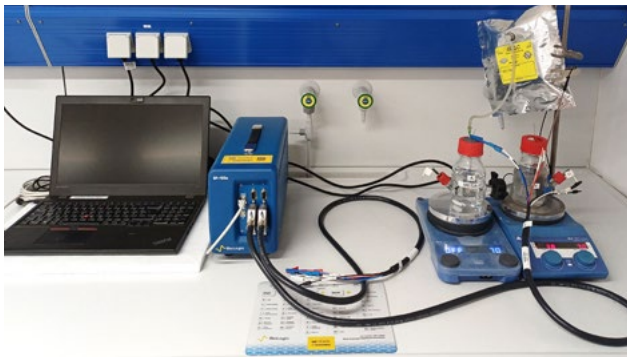
Bei diesem Verfahren wird synthetisches Methan (SNG) aus den Einsatzstoffen grüner Wasserstoff (H₂) und Kohlendioxid (CO₂) gebildet. In einem kontinuierlich durchströmten Reaktor reagieren H₂ und CO₂ bei erhöhter Temperatur (250–400 °C) und erhöhtem Druck (4–15 bar) zum gewünschten SNG.

Im Projekt ZEUS wird eine Pilotanlage in der Größenordnung 100 kW (rund 10 Nm³/h SNG als Produktgas) realisiert und die Technologie erstmals in der Stahlindustrie bei der voestalpine Stahl GmbH/K1-MET GmbH in Linz demonstriert. Forschungsschwerpunkt ist die dynamische Betriebsweise und die Untersuchung von verschiedenen Katalysatoren, die vom Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes an der Montanuniversität Leoben eigens entwickelt werden. Zum Einsatz kommen reale Gase, grüner Wasserstoff aus der 6 MW PEM-Elektrolyse von voestalpine Stahl GmbH/Verbund AG sowie CO₂, das aus dem Kraftwerksabgas der voestalpine Stahl GmbH durch Aminwäsche abgetrennt wurde. Ziel ist eine hohe Umwandlung von CO₂ in SNG bzw. eine hohe Katalysatorstabilität. Das produzierte synthetische Methan wird in der Stahlindustrie wieder eingesetzt, um einen geschlossenen CO₂-Kreislauf darzustellen.

CARBON-CYCLE ECONOMY DEMONSTRATION (C-CED)

In dem von der RAG Austria AG koordinierten Leitprojekt untersuchen Industrie- und Forschungspartner¹ aktuell verschiedene Technologien für die CO₂-Abtrennung aus realen Gasen sowie die CO₂-Verwertung durch Methanisierung.² Am voestalpine Stahl GmbH-Standort in Linz wird bereits seit 2023 in einer Pilotanlage die Aminwäsche zur CO₂-Abtrennung aus Abgasen der Stahlindustrie demonstriert (vgl. eia 3/2024).

www.wiva.at/project/c-ced



Laboraufbau eines bioelektrochemischen Systems zur Umsetzung von CO₂ in Methan, Foto: KI-MET GmbH

CO₂-VERWERTUNG DURCH BIOLOGISCHE METHANISIERUNG
Bioelektrochemische Systeme werden seit einigen Jahren als eine umweltfreundliche Methode zur Umwandlung von CO₂ in wertvolle Verbindungen wie z. B. Methan wissenschaftlich untersucht. Bei diesen Verfahren werden Mikroorganismen in die Kathodenkammer einer elektrochemischen Zelle eingebracht. An diese Zelle wird eine externe Spannung angelegt und Wasserstoff erzeugt. Die Mikroorganismen besiedeln die Elektrode und dienen als Biokatalysatoren für die Umsetzung von CO₂ mit Wasserstoff zu synthetischem Methan. Im Projekt C-CED wird CO₂ im Aminwäscher am Standort der voestalpine Stahl GmbH abgeschieden und in der Folge einem bioelektrochemischen System zugeführt, um (aktuell im Labormaßstab) synthetisches Methan zu produzieren. Methan, der Hauptbestandteil von Erdgas, könnte im Anschluss wieder in der Industrie oder zur Stromerzeugung eingesetzt werden, um so den Kohlenstoffkreislauf zu schließen.

¹ **PROJEKTPARTNER:** RAG Austria AG (Projektkoordination), ACIB GmbH, Axiom Angewandte Prozesstechnik GmbH, Energie AG Oberösterreich, Energieinstitut an der JKU Linz, KI-MET GmbH, Universität für Bodenkultur Wien - Department IFA Tulln Institute of Environmental Biotechnology, WIVA P&G, voestalpine Stahl GmbH

² www.rag-austria.at/forschung-innovation/carbon-cycle-economy-demonstration.html

³ Credits & Partner im Projekt EcoFuel: www.ecofuel-horizon.eu

⁴ Credits & Partner im Projekt C-CED: www.wiva.at/project/c-ced

Beide Leitprojekte werden im Rahmen der WIVA P&G – Wasserstoffinitiative Vorzeigeregion Austria Power & Gas durchgeführt. www.wiva.at



DAC-Demoanlage - Hochskalierungskonzepte des neuen DAC-Verfahrens, Foto: Axiom angewandte Prozeßtechnik GmbH



ABTRENNUNG VON CO₂ AUS DER ATMOSPHÄRE

Eine weitere innovative Technologie, die im Rahmen des Leitprojekts erforscht wird, ist das Direct Air Capture (DAC)-Verfahren, bei dem Kohlenstoffdioxid nicht an Emissionspunktquellen stationärer Anlagen, wie Industrieanlagen oder Kraftwerke, sondern aus der Umgebungsluft gewonnen wird. Die DAC-Technologie kann dazu beitragen, Kohlenstoffkreisläufe (z. B. im Flugverkehr) zu schließen. Das aus der Atmosphäre eingefangene CO₂ könnte in Zukunft auch zu einer nachhaltigen Kohlenstoffquelle werden. Da die CO₂-Konzentration in der Luft sehr gering ist, sind herkömmliche CO₂-Trennmethoden für DAC-Anwendungen nicht geeignet. Die Firma Axiom hat aktuell ein innovatives Verfahren zur CO₂-Abtrennung aus der Atmosphäre entwickelt, mit dem das verdünnte atmosphärische CO₂ in einem konzentrierten, beinahe 100 % reinen Zustand, ortsunabhängig bereitgestellt werden kann. Kern der Technologie sind zwei Kaliumcarbonatzirkulationen, welche mit einem mehrstufigen Elektrodialysestack gekoppelt sind.

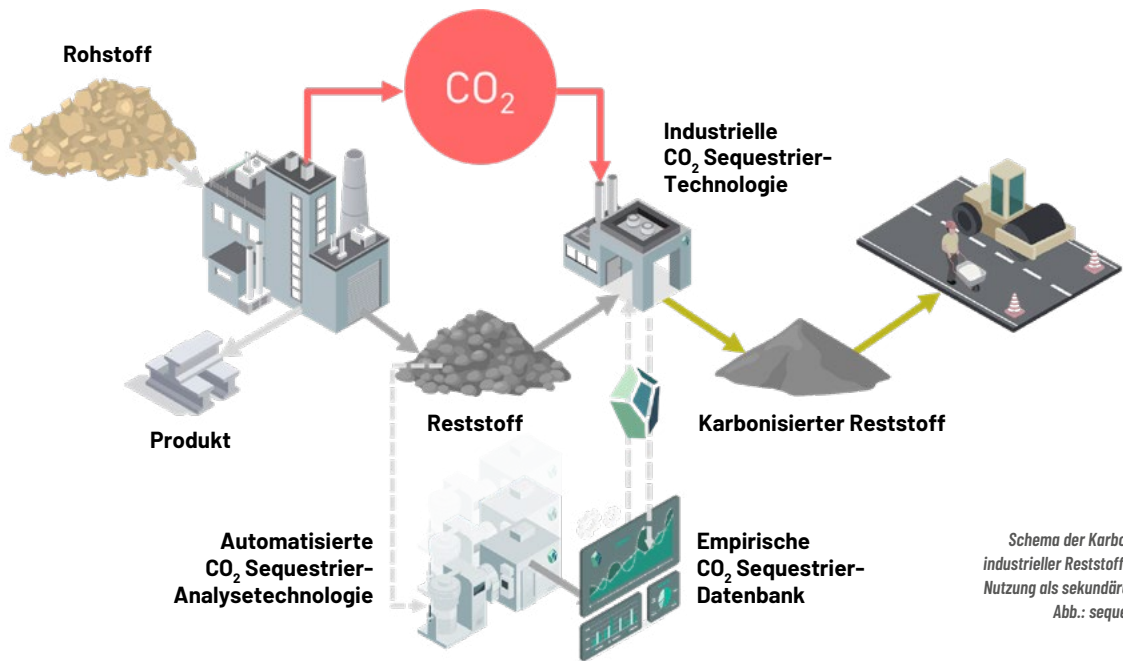
Die DAC-Technologie soll in erster Linie angewendet werden, um Kohlenstoff für die Synthese nachhaltiger Kraftstoffe und Kohlenwasserstoffe zu liefern. In Rahmen kooperativer Forschungsprojekte wurde das neue Verfahren erstmals demonstriert. Seit 2023 führt Axiom an seinem Firmengelände in Ebreichsdorf (NÖ) einen experimentellen Betrieb durch. Erste Chargen des konzentrierten atmosphärischen CO₂ aus dem Testlauf konnten bereits im Rahmen des EU-Projekts Ecofuel als Kohlenstoffquelle für die experimentelle Synthese von SAFs (Sustainable Aviation Fuels) von Projektpartnern eingesetzt werden.³ Im Zuge des Folgeprojekts C-CED werden nun diverse Szenarien für die Integration des DAC-Verfahrens in einen geschlossenen Kohlenstoffkreislauf erforscht.⁴

„Greenstar“ sequestra

Dauerhafte CO₂-Speicherung in industriellen Reststoffen

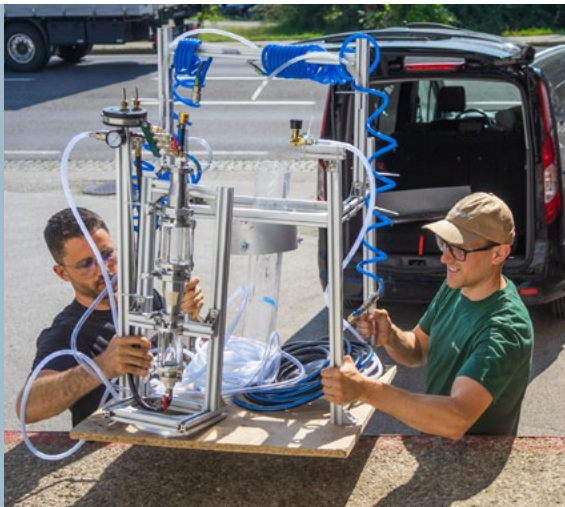
Das Klimatechnologie-Startup sequestra bietet eine innovative Lösung, um CO₂-Emissionen in globalem Maßstab zu reduzieren und gleichzeitig Industrieabfälle wirtschaftlich nutzbar zu machen. Das junge Unternehmen mit Sitz in Wien und Attnang-Puchheim entwickelt maßgeschneiderte Technologien, die CO₂ aus Abgasen in industriellen Abfallstoffen durch Karbonatisierung speichern. Dies ermöglicht es Industrieunternehmen, ihre Emissionen je nach Reststoffen um bis zu 50 % zu reduzieren.

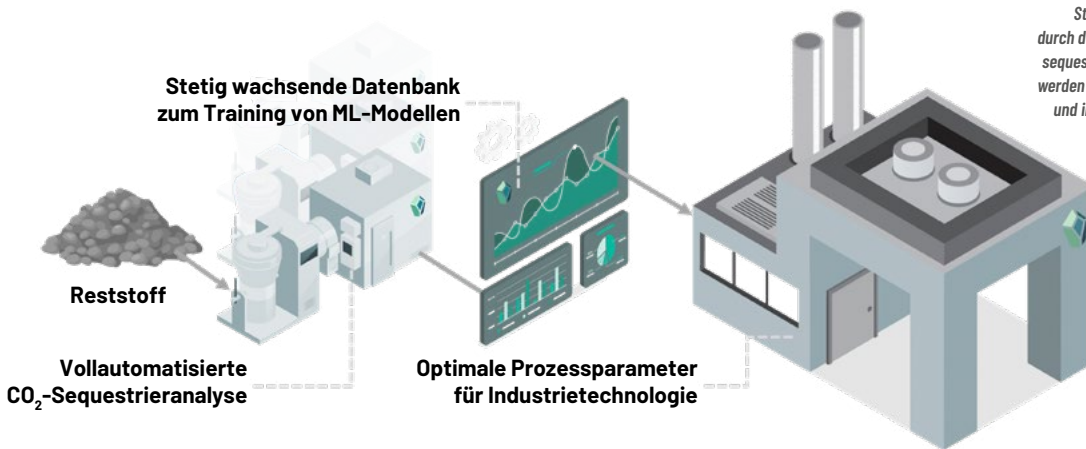
Das sequestra-Konzept hat hohes Potenzial in vielen Industriebranchen eingesetzt zu werden. Über 10.000 europäische Industrieanlagen, darunter 200 in Österreich sind Teil des Emissionshandelssystems (ETS), das CO₂-Emissionen deckelt und Zertifikate erfordert. Die „Fit for 55“-Strategie wird schrittweise kostenlose Zertifikate bis 2034 abschaffen, was die Kosten für Unternehmen mit hohem CO₂-Ausstoß deutlich erhöhen wird.



Schema der Karbonatisierung industrieller Reststoffe und deren Nutzung als sekundäre Baustoffe, Abb.: sequestra FlexCo

Das Team der sequestra FlexCo bei der Prototypenentwicklung, Fotos: sequestra FlexCo





Viele industrielle Reststoffe besitzen ein substantielles Potenzial für die chemische Abbindung von CO₂. Weltweit fallen große Mengen an industriellen Nebenprodukten an, die nicht weiterverwendet, sondern deponiert werden. Die Nutzung dieser Materialien zur CO₂-Speicherung würde zu einer erheblichen Reduktion der Treibhausgasemissionen beitragen. Darüber hinaus könnten viele dieser Materialien in karbonatisierter Form zukünftig in unterschiedlichen Märkten Absatz finden.

Konzepte zur Speicherung von CO₂ in industriellen Abfällen werden bisher noch nicht angewendet. Gründe dafür sind einerseits der niedrige CO₂-Preis sowie andererseits die komplizierte Prozessführung der Sequestrierverfahren, die von den jeweiligen Merkmalen der verschiedenen Reststoffe abhängig ist. Das neuartige Technologiekonzept von sequestra ermöglicht eine kostengünstige und rasche Identifikation von best-case-Parametern für die jeweiligen Reststoffgruppen sowie die Anwendung dieser Parameter im Industriemaßstab.

Das Startup zielt auf jene Schwerindustrien ab, die karbonisierbare Reststoffe erzeugen und/oder schwer reduzierbare CO₂-Emissionen produzieren. Stahlschlacken, Baurestmassen, Müllverbrennungssaschen und viele weitere Reststoffe haben

das Potenzial, CO₂ stabil und langfristig zu speichern und so Emissionen zu reduzieren. Das geschätzte Potenzial für die CO₂-Reduktion beträgt 3,7 Gt jährlich, was etwa 10 % der weltweiten Emissionen entspricht.¹

Das Geschäftsmodell des österreichischen Startups basiert auf drei Säulen: sequestra bietet gegen Gebühr die Evaluierung des höchstmöglichen CO₂-Speicherpotenzials für ein beliebiges Material und die Identifikation optimierter Parameter, um dieses zu erreichen. Bei der Realisierung einer Sequestrieranlage wird über Lizenzgebühren Einkommen generiert. Der Hauptfokus liegt jedoch auf der effizienten Prozessführung der Industrieanlagen und dem gesetzeskonformen Monitoring, Reporting und der Validierung der gespeicherten CO₂-Emissionen, wodurch wiederkehrende und skalierbare Umsätze generiert werden sollen.

2024 wurde das innovative Konzept mit dem Greenstart-Award des Klima- und Energiefonds ausgezeichnet.

www.sequestra.tech

greenstart.at/projekt/sequestra

¹ Studie: www.nature.com/articles/s41893-020-0486-9



greenstart^t

Eine Start-up-Initiative des
Klima- und Energiefonds

Das Programm „greenstart“ des Klima- und Energiefonds zielt darauf ab, das Potenzial innovativer und grüner Geschäftsmodelle in Österreich zu erschließen. Im Rahmen des Förderprogramms werden junge bestehende sowie zukünftige Unternehmen bei der (Weiter-)Entwicklung und Umsetzung ihrer Businessideen unterstützt. Seit 2014 konnten bereits 100 Startups durch greenstart begleitet werden, wovon viele den Markteintritt erfolgreich gemeistert haben und sich im Wettbewerb behaupten konnten. greenstart.at

INFORMATIONEN

BioMeFilm

TU Wien
Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Forschungsbereich Wassergütewirtschaft
Ansprechpartner: Univ.Ass. DI Sebastian Böhler, BSc
sebastian.boehler@tuwien.ac.at
iwr.tuwien.ac.at/wasser

CCupScale

RHI MAGNESITA
Ansprechpartnerin: Eva Tschas
Global Public Affairs
Eva.Tschas@rhimagnesita.com
www.rhimagnesita.com

Zeus

Zero Emissions throUgh Sector Coupling
K1-MET GmbH
Ansprechpartner: Michael Derntl
michael.derntl@k1-met.com
www.k1-met.com

C-CED Carbon – Cycle Economy Demonstration

RAG Austria AG
Ansprechpartner: Stephan Pestl
stefan.pestl@rag-austria.at
www.rag-austria.at

K1-MET GmbH
Ansprechpartner: Michael Derntl
michael.derntl@k1-met.com
www.k1-met.com

Axiom angewandte Prozesstechnik GmbH
Ansprechpartner: Dr. Aleksander Makaruk
a.makaruk@axiom.at
www.axiom.at

sequestra FlexCo

Ansprechpartner: DI Dr. Lukas Höber
l.hoeber@sequestra.tech
www.sequestra.tech



Klimaoptimierte Produktion, Zertifizierung FSC,
Green Seal und Österreichisches Umweltzeichen

Besuchen
Sie uns auch auf:
[www.energy-
innovation-
austria.at](http://www.energy-innovation-austria.at)

energy innovation austria stellt aktuelle österreichische Entwicklungen und Ergebnisse aus Forschungsarbeiten im Bereich zukunftsweisender Energietechnologien vor. Inhaltliche Basis bilden Forschungsprojekte, die im Rahmen der Programme des BMK und des Klima- und Energiefonds gefördert wurden.

www.energy-innovation-austria.at
www.open4innovation.at
www.nachhaltigwirtschaften.at
www.klimafonds.gv.at
www.energieforschung.at

IMPRESSUM

Herausgeber: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BMK (Radetzkystraße 2, 1030 Wien, Österreich)
gemeinsam mit dem Klima- und Energiefonds
(Leopold-Ungar-Platz 2/142, 1190 Wien, Österreich)

Redaktion und Gestaltung: Projektfabrik Waldhör KG,
1010 Wien, Am Hof 13/7, www.projektfabrik.at

Änderungen Ihrer Versandadresse bitte an:
versand@projektfabrik.at