

# Klimawandel

## Vermeidung und Anpassung



## Carbon Capture and Storage (CCS)

Autor: Holger Ott (Montanuniversität Leoben)

begutachtet von: Bernhard Windsperger (Institut für Industrielle Ökologie, BioBASE), Tobias Pröll (Universität für Bodenkultur, Wien)

Hauptaussagen

- Aktueller Stand: Die CCS-Technologieketten sind ausgereift und weltweit im Einsatz.
- Potenzial zur Emissionsreduktion: Der geologische Untergrund bietet Speicherkapazitäten in der Größenordnung des Emissionsproblems. Das macht CCS zu einer großtechnischen Methode zur CO<sub>2</sub> Emissionsreduktion.
- Durch Verbindung von CCS mit Bioenergie oder Direct Air Capture können prinzipiell negative CO<sub>2</sub> Emissionen erreicht werden.
- CCS ist derzeit in Österreich gesetzlich verboten. Dieses CCS Verbot wird in fünfjährigen Abständen evaluiert.

### CCS Definition

CCS bezeichnet eine Kette von Technologien zur Reduktion von CO<sub>2</sub> (**Carbon**) Emissionen durch Abscheidung (**Capture**) von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) aus industriellen Prozessen und der anschließenden permanenten Speicherung (**Storage**) des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> im geologischen Untergrund [1, 2].

### Abscheidung und Transport

Um untertägige Speicher wirtschaftlich und technisch bestmöglich zu nutzen, ist CO<sub>2</sub> in einer möglichst reinen Form und einer großen Menge erforderlich. Entsprechende Mengen resultieren aus sogenannten Punktquellen oder

CO<sub>2</sub>-intensiven Unternehmen, etwa zur Erzeugung elektrischer Energie aus fossilen Energieträgern sowie für die Zement- oder Stahlproduktion [3]. CO<sub>2</sub> Abscheidungstechnologien sind ausgereift (hoher TRL (Technology Readiness Level) und basieren beispielsweise auf chemischer Sorption (z. B. Aminwäsche) oder Filterprozessen (Membrantechnologien) [2, 4]. Dabei können bestehende industrielle Anlagen zur CO<sub>2</sub> Abscheidung nachgerüstet, oder aber spezielle Verfahren angewandt werden. Ein Beispiel für letzteres ist das Oxyfuel-Verfahren, eine Verbrennung mit technischem Sauerstoff (statt Luft), die im Kraftwerksprozess reines CO<sub>2</sub> erzeugt. In jedem Fall ist die CO<sub>2</sub>-Abscheidung energieintensiv und erhöht damit den Energiebedarf bei Produktionsprozessen bzw. mindert den Wirkungsgrad von Kraftwerken nicht unerheblich. Die Abscheidung verursacht auch die meisten Kosten.

Da zur Speicherung hohe Anforderungen an geologische Formationen gestellt werden und diese nicht überall vorhanden sind, muss das abgeschiedene CO<sub>2</sub> unter Umständen über längere Distanzen zu geeigneten Lagerstätten transportiert werden, wozu in der Regel Pipelines oder Schiffe verwendet werden. Typische Wege von der Abscheidungsanlage bis zur Lagerstätte liegen im Bereich von 50 bis 100 km. Kurze Transportwege sind wirtschaftlicher und energieeffizienter, schränken jedoch das Potenzial für den CCS-Einsatz aufgrund der Erreichbarkeit geeigneter Speicherstandorte ein.

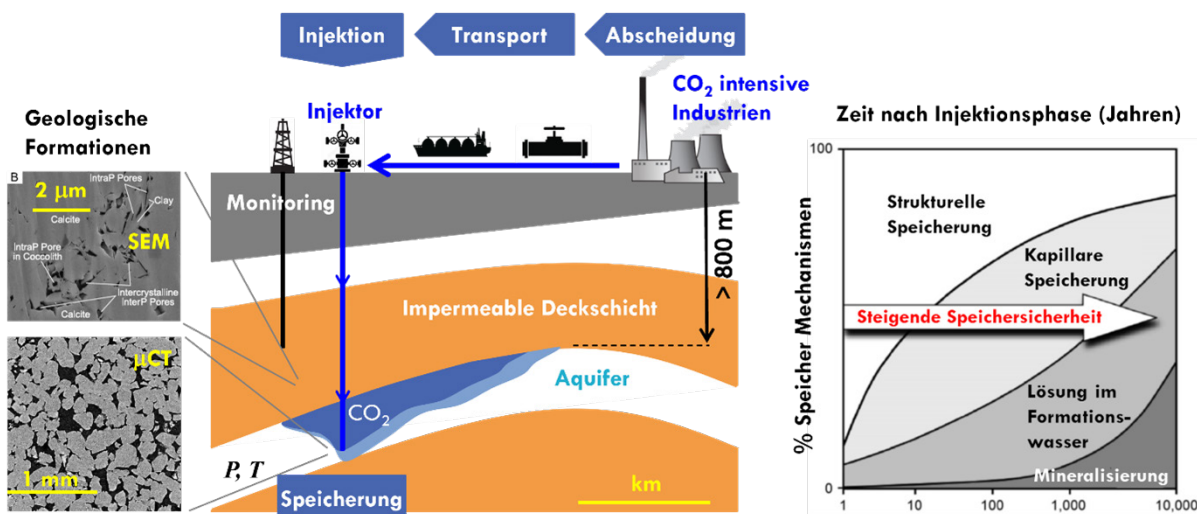


Abbildung 1: Schematische Darstellung der geologischen Speicherung (Mitte). Links: Aufnahmen eines Speichergesteins (Micro Computertomographie – unten) und eines Deckgesteins (Rasterelektronenmikroskopie – oben). Rechts: Speichermechanismen und Speichersicherheit als Funktion der Zeit (angepasst von IPCC, 2005 [1]).

## Was sind geologische Speicher?

Ein geeigneter geologischer Speicher muss einige Voraussetzungen erfüllen: zunächst muss die geologische Formation über eine gewisse Speicherkapazität verfügen, die sich aus den CO<sub>2</sub> Emissionsraten und der angestrebten Laufzeit (mehreren Jahrzenten) ergibt. Als geologische Formationen kommt vor allem der Porenraum sedimentärer Gesteinsformationen in Frage. Ist dieser entsprechend groß (Speicherkapazität) und bildet ein verbundenes Netzwerk (Permeabilität), kann CO<sub>2</sub> eingepresst werden. Dabei ist die Speicherkapazität zunächst über eine hohe Porosität definiert, und eine gute Durchlässigkeit der Gesteinsformation ermöglicht eine hohe Injektionsrate – die Strömungskapazität.

Unter den typischen thermodynamischen Bedingungen geeigneter Lagerstätten befindet sich CO<sub>2</sub> in einem sehr dichten Zustand, der eine hohe Speicherkapazität ermöglicht [1]. Um diese Bedingungen zu erreichen, werden Lagerstätten in Tiefen von über 800 m angestrebt. CO<sub>2</sub> hat in diesem Zustand aber noch immer eine kleinere Dichte als das Lagerstättenwasser und erfährt deshalb Auftrieb; um eine Migration des eingepressten CO<sub>2</sub> in höhere, trinkwasserführende Schichten, oder gar in die Atmosphäre zu verhindern, ist eine Fallenstruktur in Kombination mit einer impermeablen (undurchlässigen) Deckschicht, z. B. einer Tonsteinschicht, erforderlich (Abbildung 1). Entsprechende geologische Formationen kennt man von Öl und Gaslagerstätten, die neben tiefen Aquiferen als geeignete Lagerstätten in Frage kommen. Im Speicher wird CO<sub>2</sub> durch physikalische und chemische Prozesse dauerhaft gebunden, wodurch die Speichersicherheit im Laufe der Zeit erhöht wird [1] (Abbildung 1). Die geologische Speicherung in Formationen wie in tiefen Aquiferen und in Öl- und Gaslagerstätten ist ausgereift mit einem ebenfalls hohen TRL [4]. Speicheroptionen in unkonventionellen geologischen Lagerstätten wie z. B. tiefliegenden Kohlevorkommen sind hingegen noch weniger entwickelt.

## Wozu benötigen wir CCS?

Das Ziel der geologischen Speicherung ist es, Kohlenstoff dem geologischen Kreislauf zuzuführen oder in diesen zurückzuführen, in dem CO<sub>2</sub> über geologische Zeiträume gebunden werden kann [1]. Die geologische Speicherung steht deshalb in Analogie zu unseren gegenwärtigen Öl-, Gas- und Kohlevorkommen und zu Carbonatgesteinen, in denen der Kohlenstoff über Jahrtausende gebunden sein kann. In Verbindung mit Bioenergie oder Direct Air Capture (DAC) Technologien<sup>1</sup> bietet CCS das Potenzial den Bereich negativer CO<sub>2</sub> Emissionen zu erreichen, und damit CO<sub>2</sub> direkt und permanent der Atmosphäre zu entziehen. Negative Emissionstechnologien sind laut IPCC<sup>2</sup> für die Erreichung der ambitionierten Klimaziele erforderlich. Dabei sollte erwähnt werden, dass DAC einen vielfachen Energieaufwand verglichen mit der Abscheidung aus Abgasströmen erfordert [5, 6] und daher keine Alternative zur Abscheidung aus industriellen Prozessen darstellt.

<sup>1</sup> Verfahren zur Gewinnung von Kohlenstoffdioxid direkt aus der Umgebungsluft  
<sup>2</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

## Wie sicher ist die geologische Speicherung?

Warum speichern wir das CO<sub>2</sub> dann also nicht im Untergrund? Das Hauptargument bezieht sich auf die Speichersicherheit; was hält das CO<sub>2</sub> davon ab durch die geologischen Schichten zu migrieren, um dann doch in die Atmosphäre zu gelangen? Was wären darüber hinaus die Schäden am Ökosystem und die Gefahren für Leib und Leben? Woher nehmen wir also überhaupt die Gewissheit, dass CO<sub>2</sub> Speicherung über lange Zeiträume sicher ist? Diesen Fragen haben wir uns schon oben bezüglich der Speichermechanismen gewidmet, die einen nachhaltigen Erfolg der CO<sub>2</sub> Speicherung zu einer Sache einer guten Ingenieurspraxis machen. Darüber hinaus gibt es viele sogenannte natürliche Analoge, d. h. die Natur speichert Gas im Untergrund. Die besten Beispiele dafür sind die enormen Mengen an Erdgas, die seit Millionen von Jahren in der Erdkruste sicher gespeichert sind und oft auch große Konzentrationen an CO<sub>2</sub> beinhalten. Es gibt auch natürliche CO<sub>2</sub> Lagerstätten, die kommerziell nicht attraktiv sind, aber sehr intensiv studiert und verstanden wurden [1]. Diese Beispiele zeigen, dass geologische CO<sub>2</sub> Speicherung über entsprechend lange Zeiträume prinzipiell möglich ist.

Bezüglich technischer Speicherung, wird CO<sub>2</sub> schon seit den 1970er Jahren in Ölfeldern zur Ölförderung injiziert, wo es bis heute gespeichert ist [7]. Seit den 1990er Jahren wird weltweit nun intensiv an verschiedenen Möglichkeiten zur geologischen Speicherung geforscht und zurzeit gibt es in etwa 30 laufende CCS Projekte, von denen 11 über 1Mt CO<sub>2</sub>/a abscheiden und langfristig speichern [7]. Mit diesen Raten ist man zwar noch recht weit vom eigentlichen Problem der anthropogenen CO<sub>2</sub> Emissionen entfernt, aber die CCS Technologie steht als eine Schlüsseltechnologie zur Verfügung.

## Referenzen

- [1] Metz, B., et al., IPCC special report on carbon dioxide capture and storage. 2005: Cambridge: Cambridge University Press.
- [2] Bui, M., et al., Energy & Environmental Science, 2018. 11(5): p. 1062-1176.
- [3] Paltsev, S., et al., Applied Energy, 2021. 300: p. 117322.
- [4] Kearns, D., H. Liu, and C. Consoli, Technology readiness and costs of CCS, in Global CCS institute. 2021, Global CCS Institute, Melbourne, Australia.
- [5] Brandani, S., Energy & Environment, 2012. 23(2-3): p. 319-328.
- [6] Ausfelder, F. and S. Baltac. Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage CCUS in Clean Energy Transitions. 2020. IEA.
- [7] Global Status of CCS 2020. 2021, Global CCS Institute, Melbourne, Australia.

## Impressum

CCCA  
Servicezentrum  
Mozartgasse 12/1  
A-8010 Graz  
ZVR: 664173679

[servicezentrum@ccca.ac.at](mailto:servicezentrum@ccca.ac.at)  
[ccca.ac.at](http://ccca.ac.at)

Stand: April 2024  
ISSN 2410-096X

