

„Anforderungen an die Reinheit des Kohlendioxids bei der Abscheidung und geologischen Speicherung“

Heike Rütters und das COORAL-Team [1-5]



Abbildung 1: So sieht ein Speichergestein in Nahaufnahme aus (hier: Buntsandstein).



Abbildung 2: Logo des Verbundprojektes COORAL

Die vom Menschen verursachte Freisetzung des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO_2), allgemein als Kohlendioxid bekannt, gilt als eine der ausschlaggebenden Ursachen des gegenwärtigen Klimawandels. Kohlendioxid entsteht z.B. bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe in Heizungsanlagen, Motoren oder Kraftwerken sowie in energieintensiven Industriezweigen (z.B. Stahl-, Kalk-, Zement-, Chemische Industrie, Raffinerien). Für das Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80 % zu mindern, will die Bundesregierung [1-5] neben den zentralen Ansätzen einer Steigerung der Energieeffizienz und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien auch die Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid in tiefen geologischen Formationen als Option erproben. Die Idee der sogenannten „CCS-Technologie“ (aus dem Englischen „Carbon Dioxide Capture and Storage“) ist, das Kohlendioxid aus Prozessabgasen abzutrennen und es in geeigneten, mindestens 800 m tiefen, porösen Gesteinsschichten dauerhaft zu speichern, anstatt es in die Atmosphäre abzugeben. Diese Technologie ist vor allem für energieintensive Industriezweige mit hohen prozessbedingten Kohlendioxidemissionen sowie für die mit fossilen Brennstoffen befeuerten Kraftwerke eine Möglichkeit, ihren Ausstoß an Kohlendioxid in die Atmosphäre zu reduzieren.

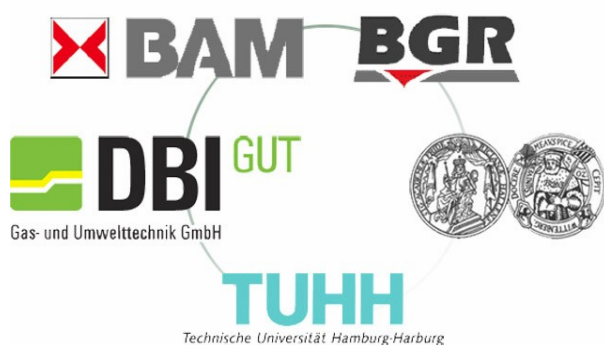


Abbildung 3: Logos der Projektpartner

Aufgrund ihrer weiten Verbreitung haben tiefe, poröse, Salzwasser führende Gesteinsschichten (sog. saline Aquifere) das größte Potential für die geologische Speicherung von Kohlendioxid in Deutschland [1-5]. Die Wässer in den salinaren Aquifereen in mehr als einem Kilometer Tiefe weisen in der Regel Salzgehalte von 100 bis 300 Gramm pro Liter auf. Zum Vergleich: Der Salzgehalt im Meerwasser beträgt ca. 35 Gramm pro Liter. Aufgrund des hohen Salzgehaltes spielen diese Wässer für die Trinkwasserversorgung keine Rolle. Das gespeicherte Kohlendioxid löst sich in den

salzreichen Wässern und bildet darin Kohlensäure, die mit den Mineralen der Speichergesteine reagieren kann. In der Folge können mit der Zeit unter anderem Karbonate (als Feststoff) entstehen, in denen Kohlendioxid langfristig gebunden werden kann.

Das aus verschiedenen Prozessen abgeschiedene Kohlendioxid kann unterschiedlich hohe Anteile an verschiedenen Begleitstoffen wie z.B. Wasser (H₂O), Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x), Schwefelwasserstoff (H₂S) oder Sauerstoff (O₂) enthalten. Diese Begleitstoffe können eine Korrosion von Anlagenteilen, Stahlleitungen oder Zementen zum Bohrlochverschluss bewirken. Zudem beeinflussen sie die Phaseneigenschaften des abgeschiedenen Gases und damit sein Transport- und Injektionsverhalten. Bisher sind die Auswirkungen dieser Begleitstoffe auf das Verhalten des „Kohlendioxids“ im Untergrund und auf die möglichen geochemischen Reaktionen bei der Kohlendioxidspeicherung nicht ausreichend genau erforscht.

Im Rahmen des Projektes COORAL [1-5] („CO₂-Reinheit für die Abscheidung und Lagerung“ wird daher der Frage nachgegangen, welches geeignete Anteile von Kohlendioxid und seinen Begleitstoffen in den abgetrennten Abgasen verschiedener Kraftwerkstypen sein könnten, damit

1. die Langzeitsicherheit eines CO₂-Speichers gewährleistet bleibt,
2. eine Korrosion an eingesetzten Materialien vermieden wird und
3. die Kosten der Technologie wirtschaftlich verträglich bleiben.

Im Verbundprojekt COORAL arbeiten Ingenieure, Materialforscher und Geowissenschaftler zusammen, um Möglichkeiten zur Beeinflussung der Abgaszusammensetzung im Kraftwerk sowie die Auswirkungen der Begleitstoffe bei Transport, Injektion und dauerhafter Speicherung zu untersuchen und zu bewerten. Ihr Ziel ist, die CO₂-Reinheit entlang der gesamten Prozesskette „Erzeugung – Transport – Injektion – Dauerhafte Speicherung“ zu optimieren.



Abbildung 4: Prozesskette – Erzeugung – Transport – Injektion – Dauerhafte Speicherung

Als Ausgangspunkt wurden typische Zusammensetzungen der abgetrennten Gase für gängige Verfahren zur Abscheidung von Kohlendioxid in Kraftwerken [1-5] definiert, um Experimente in COORAL zu verschiedenen Prozessschritten unter realitätsnahen Bedingungen durchführen zu können. Des Weiteren wird untersucht, durch welche Technologien die Anteile ausgewählter CO₂-Begleitstoffe im Prozessgas effizient und kostengünstig reduziert werden können.

Um die Reinheitsanforderungen entlang der gesamten Prozesskette zu definieren, werden in COORAL u.a. Untersuchungen zu folgenden Themen durchgeführt:

- Mechanismen und Geschwindigkeiten der Stahlkorrosion an Anlagenteilen und Leitungen durch Kohlendioxid und seine Begleitstoffe. Hiermit soll ein Werkstoffmodell erstellt werden, das Informationen über die Lebensdauer eines bestimmten Werkstoffs in Abhängigkeit von Temperatur, Druck, Fluidzusammensetzung und Strömungsgeschwindigkeit liefert und so die Auswahl von Werkstoffen unterstützt.
- Wahl der Transportbedingungen. Hierfür ist eine Vielzahl von Parametern zu berücksichtigen, wie z.B. die Wegstrecke und der zu transportierende Massenstrom. Je nach angestrebtem Zustand des Fluids (gasförmig, flüssig oder

überkritisch) müssen die Druck- und Temperaturbedingungen während des Transportes gewählt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der kritische Druck und die kritische Temperatur des CO₂-reichen Fluids von den Anteilen an Kohlendioxid und seinen Begleitstoffen abhängen.

- Messung von Dichte und Viskosität des CO₂-reichen Fluids in Abhängigkeit von Druck, Temperatur sowie Fluidzusammensetzung. Dies ist für die Auslegung von Verdichtern, Pumpen und Pipelinenetzen essentiell. Außerdem werden aus diesen Messdaten die Änderungen von Dichte und Viskosität entlang des Bohrlochs berechnet, um hieraus geeignete Injektionsbedingungen zu ermitteln.
- Geochemische Reaktionen unter Speicherbedingungen. In Experimenten werden Minerale, die typisch für mögliche Speichergesteine sind, künstlichem Formationswasser und verschiedenen Gemischen aus Kohlendioxid und einem Begleitstoff ausgesetzt. Druck und Temperatur werden dabei so gewählt, dass sie Bedingungen des tiefen Untergrundes entsprechen. Um z.B. die Zeitdauer der Experimente besser planen zu können, werden mögliche Reaktionen und deren Reaktionsgeschwindigkeiten simuliert.
- Auswirkung geochemischer Veränderungen von Speichergesteinen auf ihre mechanischen Eigenschaften. Hierzu werden zunächst die Veränderungen von Speichergesteinen durch Einwirkung von Kohlendioxid und Begleitstoffen in Langzeitversuchen unter simulierten Speicherbedingungen untersucht. Anschließend wird z.B. die Bruchfestigkeit der veränderten Gesteinsproben geprüft. Hieraus sollen z.B. Kriterien zur Abschätzung der Anfälligkeit der Gesteine für Rissbildungen und somit der Langzeitstabilität potentieller Speicherformation abgeleitet werden.



Abbildung 5: Reaktionsgefäß aus Gold und Titan für geochemische Experimente (Länge ca. 15 cm)

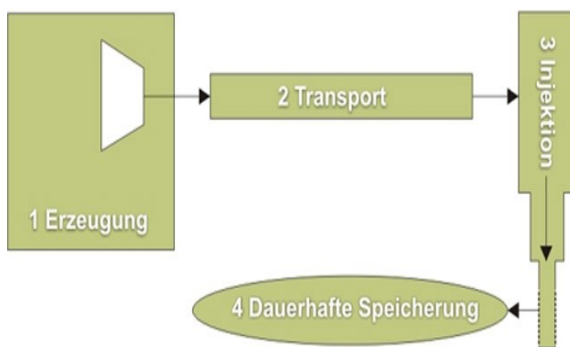


Abbildung 6: Prozesskette der CCS-Technologie und Themenfelder des Verbundprojektes COORAL

Die Optimierung der Reinheit des abgeschiedenen Gasstroms ist ein iterativer Prozess zwischen den vier Themenfeldern des Projektes COORAL Erzeugung – Transport – Injektion – Dauerhafte Speicherung. Nur durch ein Zusammenführen der verschiedenen Anforderungen an die CO₂-Reinheit entlang der gesamten Prozesskette können geeignete Gaszusammensetzungen definiert werden, um die Sicherheit bei Transport und geologischer Speicherung des abgeschiedenen Kohlendioxids zu gewährleisten und gleichzeitig den Aufwand für die Reinigung des abgetrennten Kohlendioxids möglichst gering zu halten.

Das Projekt COORAL wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und den Unternehmen Alstom, EnBW, E.ON, Vattenfall und VNG als Drittmittelgeber.

Kontakt:	Schlauer Fuchs
<p>Dr. Heike Rütters Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe GEOZENTRUM HANNOVER Stilleweg 2 30655 Hannover Tel.: +49 (0)511 643-2583 Fax: +49 (0)511 64353-2583 E-Mail: heike.ruetters@bgr.de</p>	<p>Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete: Wofür steht „CCS“ ?</p>
 <p>http://www.bgr.bund.de/</p>	

Literatur:

[1] [Bundesanstalt für Geowissenschaften](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO2Speicherung/COORAL/Konsortium)
<http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO2Speicherung/COORAL/Konsortium>

[2] [Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie](http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Energiepolitik/energiekonzept,did=360932.html)
<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Energiepolitik/energiekonzept,did=360932.html>

[3] [Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zu CO₂-Speicherung](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO2Speicherung/co2-speicherung_node.html)
http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO2Speicherung/co2-speicherung_node.html

[4] [Bundesanstalt für Geowissenschaften - COORAL-Team](http://www.bgr.bund.de/COORAL)
<http://www.bgr.bund.de/COORAL>

[5] [kraftwerksforschung.info](http://www.kraftwerksforschung.info)
<http://www.kraftwerksforschung.info/>