

Faktenblatt „Geologische CO₂-Speicherung“

→ Kernbotschaften:

- Die dauerhafte geologische CO₂-Speicherung als Teil der CCS-Technologie wird vom Weltklimarat als unerlässlich zur Erreichung der Pariser Klimaschutzziele angesehen.
- CO₂-Speicherung wird bereits seit 25 Jahren im Kontext von Öl- und Erdgasförderung in ausgeförderten Lagerstätten offshore betrieben, z. B. in Norwegen.
- CO₂-Speicherung kann in Deutschland z. B. in Sandstein sicher und verlässlich sowie ohne Gefährdung von Menschen und Umwelt umgesetzt werden. Das hat das bislang einzige europäische Forschungsprojekt zur Onshore-Speicherung von CO₂ in Ketzin (Brandenburg) unter Leitung des GFZ gezeigt. Hierbei wurden rund 67.000 Tonnen CO₂ in 650 Meter tiefe porösen Sandsteinschichten verpresst.
- Gespeichertes CO₂ kann wieder zurückgeholt und als Rohstoff genutzt werden.
- Wie jede andere Technologie ist auch die CO₂-Speicherung nicht risikofrei, aber die Risiken sind beherrschbar.
- Potenzielle Risiken sind Kontamination von Grundwasserleitern, die über dem Speicherhorizont liegen, durch aufsteigendes CO₂, Salzwasser oder mitgeführte Schadstoffe, sowie Seismizität durch Injektion.
- Um das Risiko zu minimieren, müssen genaue Untersuchungen vor Ort durchgeführt sowie modernste Betriebs- und Monitoringverfahren eingesetzt werden. Hierfür wurden geeignete Methoden entwickelt.
- Die CCS-Technologie ist anwendungsreif: In Ketzin wurde im Pilotmaßstab gezeigt, dass und wie man CO₂ in Deutschland sicher in Sandsteinreservoirs speichern kann. Jahrzehntelange Erfahrungen beispielsweise in Norwegen zeigen, dass es im industriellen Maßstab machbar ist.
- Nutzungskonflikte des Untergrunds – etwa mit der Förderung von Kohle, Gas, Salz, aber auch mit der aktuellen oder künftigen Speicherung von Erdgas, Methan, Wasserstoff oder der Nutzung von Erdwärme (Geothermie) – können auftreten und sind durch jeweilige geologische Eignung und politische Entscheidung zu regeln.
- Um Vorbehalten und Ängsten in der Bevölkerung zu begegnen, ist eine konsequente, begleitende offene Kommunikation konkreter CO₂-Speicher-Projekte vor Ort unerlässlich und ein wichtiger Erfolgsfaktor.

Hintergrundinformationen zur geologischen Speicherung von CO₂ – unter besonderer Berücksichtigung des Pilotprojekts Ketzin (2004-2017)

Hintergrund: Notwendigkeit der geologischen Speicherung von CO₂

Die Vermeidung von CO₂-Emissionen hat oberste Priorität, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Die CO₂-Abscheidung (aus der Industrie) bzw. CO₂-Entnahme (z. B. aus der Luft) und anschließende geologische Speicherung ist eine weitere Option, die derzeit laufenden Anstrengungen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu unterstützen. Sie kann insbesondere als Brückentechnologie dienen, bis die Emissionen so weit möglich heruntergefahren sind und die Energieversorgung konsequent auf Erneuerbare Quellen umgestellt ist.

Im aktuellen Bericht des Weltklimarats (IPCC) wird auch darauf hingewiesen, dass die Vermeidung von CO₂-Emissionen nicht mehr ausreichen wird, um die im Pariser Klimaschutzabkommen vereinbarten Ziele zu erreichen. Daher muss zusätzlich CO₂ aus der Atmosphäre entzogen werden (Carbon Dioxide Removal – CDR). In diesem Zusammenhang wird eine dauerhafte geologische CO₂-Speicherung benötigt. Sie wird darüber hinaus als wichtige Option genannt, langfristig nicht vermeidbare Rest-Emissionen der Prozessindustrie (z. B. Zementsektor) zu speichern.

Das Pilotprojekt in Ketzin

In Ketzin/Brandenburg wurde zwischen 2004 und 2017 das erste europäische Projekt zur Onshore-Speicherung von CO₂ durchgeführt.

Das Deutsche GeoForschungsZentrum GFZ hat den Pilotstandort Ketzin entwickelt und dazu zahlreiche nationale und internationale Projekte koordiniert.

Dabei wurde der komplette Lebens-Zyklus eines Pilotstandortes untersucht, inklusive Nachbetriebsphase, Stilllegung und Rückbau. Von besonderem Interesse waren die jeweiligen Prozesse während der CO₂-Einspeisung sowie die darauffolgende Ausbreitung des CO₂ innerhalb des Speicherhorizonts.

Es wurden 67.271 Tonnen CO₂ in rund 650 Metern Tiefe gespeichert, in porösen Sandsteinschichten, die das CO₂ wie ein Schwamm aufnehmen können.

Nach Ende der Injektionsphase wurden die Bohrlöcher sicher und dicht verschlossen und die Messgeräte und Anlagen ordnungsgemäß zurückgebaut. Zum Projekt gehörte auch ein vierjähriges Nachmonitoring, mit dem das Gelände nach Beendigung der CO₂-Injektion überwacht wurde.

Nach Erfüllung der bergrechtlichen Auflagen und vollständigem Rückbau aller obertägigen Anlagen konnte die Rückübertragung des Forschungsstandortes an den Eigentümer VNG Gasspeicher GmbH erfolgen. Das Gelände wird bereits wieder für andere Zwecke benutzt.

Wissenschaftliche Erkenntnisse des Pilotprojekts Ketzin

- Die geologische Speicherung von CO₂ am Pilotstandort Ketzin ist sicher und verlässlich und kann ohne Gefährdung von Mensch und Umwelt umgesetzt werden.
- Während des Pilotversuches ist nachweislich kein CO₂ entwichen. Das konnte durch Langzeit-Analysen von Messdaten unterschiedlicher Messsysteme bestätigt werden.
- Eine sinnvoll eingesetzte Kombination verschiedener geophysikalischer und geochemischer Überwachungsmethoden ist in der Lage, bereits kleinste Mengen CO₂ zu detektieren und ihre räumliche Ausdehnung abzubilden.
- Die durch das injizierte CO₂ induzierten Wechselwirkungen zwischen Fluid und Gestein am Pilotstandort Ketzin haben die Unversehrtheit der Speicher- und Deckgesteine nicht beeinflusst.
- Computersimulationen konnten das zeitliche und räumliche Verhalten des injizierten CO₂ wiedergeben und sind geeignete Werkzeuge, um das Langzeitverhalten des Speichers zu prognostizieren.
- Wie die geologische Speicherung von CO₂ umgesetzt werden kann, wurde mit dem kompletten Lebenszyklus eines Pilot-Standortes inklusive Voruntersuchungen, Auf- und Rückbau aller Anlagen, sowie aller notwendigen Monitoringmaßnahmen gezeigt.
- Das gespeicherte CO₂ kann prinzipiell kontrolliert zurückgeholt werden. Das zeigte ein zweiwöchiger Rückfördertest von 240 Tonnen. Das ist sinnvoll, wenn CO₂ später als Rohstoff genutzt werden sollte.

Potenzielle Nutzungskonflikte im Untergrund

Der unterirdische Raum wird schon heute vielfältig genutzt, etwa durch Kohle- und Salzbergbau, die Förderung von Erdöl und Erdgas oder die Gewinnung von Erdwärme (Geothermie). Auch die unterirdische Speicherung von Erdöl und Erdgas aus Gründen der Rohstoffversorgung in Porenspeichern oder in künstlich im Salzgestein angelegten Kavernen zählt dazu. Zukünftig wird auch die Speicherung von durch erneuerbare Energien hergestelltem Methan oder Wasserstoff eine Rolle spielen.

An allen Standorten, an denen verschiedene Nutzungsoptionen bestehen, gilt es, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Technologien gegeneinander abzuwägen und danach zu entscheiden, welche Nutzungsform den Vorzug erhält.

Wichtig wäre, dass die Politik die Nutzung des Untergrunds zum Beispiel mit Raumordnungsplänen für den Untergrund regelt.

Einordnung allgemeines Risiko

Wie jede andere Technologie auch, ist die CCS Technologie nicht risikofrei, aber die Risiken sind beherrschbar.

Dem Thema Speichersicherheit wird in der CCS-Forschung wie auch der aktuellen CCS-Praxis ein sehr hoher Stellenwert beigemessen. Das zeigen u.a. sowohl das vom GFZ verantwortete Pilotprojekt am Standort Ketzin wie auch die bereits seit Jahren laufenden CO₂-Speicherprojekte, wie z. B. Sleipner, Snøhvit (Norwegen), Quest (Kanada), Gorgon (Australien).

Zudem geben die europäische CCS-Direktive und die entsprechend umgesetzte nationale Gesetzgebung (Kohlendioxidspeichergesetz KSpG) sehr hohe Sicherheitsanforderungen für Betreiber von CO₂-Speichern vor.

Die CO₂-Speicherung greift auf allgemeine Speichertechnologien aus der Erdgasspeicherung zurück, die erprobt und technologisch ausgereift sind.

Deutschland verfügt über die meisten in Betrieb befindlichen Erdgasspeicher in Europa und betreibt seine Erdgasspeicher seit über 60 Jahren sehr erfolgreich und sicher.

Mögliche Auswirkungen auf Schutzgüter

Leckage von CO₂

Im Zusammenhang mit der geologischen Speicherung von CO₂ werden verschiedene Risikoszenarien untersucht, insbesondere die Leckage von CO₂ aus einem Speicher oder die Migration von verdrängtem salinarem Formationswasser bis in oberflächennahe Grundwasserschichten.

Mögliche Folgen: (1) Versauerung des Grundwassers (Absenkung des pH-Wertes) durch direkten CO₂-Eintritt, (2) Versalzung des Trinkwassers, (3) Aufnahme und Mitführung schädlicher Substanzen (z. B. Schwermetalle) im CO₂-Flow.

Risikominimierung

- Die Grundwasserleiter sind typischerweise in einer Tiefe von einigen Zehnermetern bis ca. 150 Meter. Ein (großer) CO₂-Speicher darf nur in Tiefen unterhalb 800 Meter gebaut werden. D. h. der CO₂-Speicherhorizont ist immer sehr weit vom Grundwasser entfernt und dazwischen befinden sich möglichst mehrere Schichten undurchlässiges Deckgestein wie Ton oder Salz.
- Ein Eindringen von CO₂ oder salinarem Formationswasser in den Grundwasserleiter ist nur möglich, wenn sich natürliche (Brüche, Störungszonen im Abdeckergestein) oder anthropogene (andere aktive oder bereits stillgelegte Bohrungen) Leckage-Wege für das CO₂ oberhalb eines Speichers befinden.

- Eine Abschätzung des Ausmaßes der möglichen Folgen (1)-(3) (s.o.) auf oberflächennahes Grundwasser wird immer standortspezifisch für jeden Einzelfall vor dem Bau des Speichers erfolgen.
- Durch eine sorgfältige geologische Erkundung des potenziellen Speicherstandortes kann das Risiko natürlicher Leckagen minimiert werden.
- Es gibt jahrzehntelange Erfahrung zum sicheren Verschluss von Bohrungen in Erdöl-, Erdgas- und auch natürlichen CO₂-Lagerstätten. Weltweit werden solche Bohrungsverschluss-Verfahren weiter- und neuentwickelt, um sie für die Anforderungen von CO₂-Speichern zu optimieren.

Induzierte Seismizität in urbanen Gebieten

Die Injektion von CO₂ in geologische Speicherschichten beeinflusst den lokalen Spannungszustand im Gebirge (Speicher- und Deckschichten) und kann dadurch seismische Ereignisse induzieren.

Risikominimierung

- Die Wahrscheinlichkeit für ein solches Risiko lässt sich durch sorgfältige geologische Charakterisierung und Auswahl des Speicherstandortes, sowie verlässliche Prognosen der Fluidausbreitung im Untergrund, Kenntnisse des lokalen Spannungszustandes sowie der mechanischen und hydraulischen Eigenschaften von Störungen minimieren.
- Bisher wurden bei operativen CO₂-Speicherprojekten überwiegend mikroseismische Ereignisse (Mikroerdbeben) instrumentell registriert, für Menschen wahrnehmbare Ereignisse traten nur in Einzelfällen auf.
- Studien schätzen das Gefahrenpotenzial durch induzierte Seismizität bei der CO₂-Speicherung als vergleichbar ein mit den Gefahren induzierter Seismizität, die durch andere Nutzungsarten des tieferen Untergrunds hervorgerufen werden, wie z. B. die Verbringung von Abwässern.

Vorbehalte gegenüber CCS in Deutschland

Die großen Vorbehalte gegenüber CCS in Deutschland resultieren aus zahlreichen gesellschaftspolitischen Debatten, in denen die CCS-Technologie pauschal abgelehnt wurde, ohne sich dabei an konkreten wissenschaftlichen Befunden (etwa aus dem Pilotprojekt Ketzin) zu orientieren.

Bedeutung begleitender, offener Kommunikation

- Das Pilotprojekt in Ketzin hat gezeigt, wie wichtig eine begleitende offene Kommunikation ist, um Vorbehalten und Ängsten in der Bevölkerung zu begegnen.
- Das Erfolgsrezept in Ketzin war der enge Dialog mit der örtlichen Bevölkerung, von Anfang an. Wir haben Bürgermeisterin, Stadtrat, Feuerwehr, Bürger:innen involviert und über jeden Schritt im Prozess offen informiert. Es gab ein Besucherzentrum, regelmäßige Tage der offenen Tür und wir waren immer für Fragen erreichbar.
- Der Status quo zu allen nationalen und internationalen CCS-Projekten ist im [Evaluierungsbericht der Bundesregierung zum Kohlendioxid-Speicherungsgesetz \(KSpG\)](#) zusammengefasst.

Fazit und Umsetzbarkeit

Das GFZ hat die wissenschaftlichen und technischen Untersuchungen zur Machbarkeit der CO₂-Speicherung in salinen Aquiferen am Standort Ketzin durchgeführt und neutral zu den Ergebnissen berichtet.

Eine allgemeine Positionierung pro oder contra CCS kann nicht vorgenommen werden, da (i) die CO₂-Speicherung nur ein Teil der Wertschöpfungskette darstellt und jede Entscheidung für einen CO₂-Speicher standortspezifisch getroffen werden muss, (ii) eine großskalige Umsetzung in Deutschland mit der jeweiligen Industrie gemacht werden muss, die dann auch die entsprechende Risikoanalyse und die Kostenkalkulation erstellt.

Die verfügbaren Technologien und das akquirierte Wissen sind ausreichend, um großskalige Projekte sofort zu beginnen. Für deren Umsetzung ist allerdings eine Anpassung des KSpG nötig, da nach derzeitiger Gesetzeslage die CO₂-Speicherung auf dem Territorium der Bundesrepublik nicht erlaubt ist.