

Neue Abschätzung der CO₂-Speicherkapazität unter der deutschen Nordsee

Im Rahmen des GEOSTOR-Verbundprojektes wurde vor kurzem eine Studie in der renommierten Fachzeitschrift »International Journal of Greenhouse Gas Control« veröffentlicht. Die Arbeit zeigt, dass in bestimmten Gesteinsschichten unter der deutschen Nordsee insgesamt zwischen 0,9 und 5,6 Milliarden Tonnen CO₂ gespeichert werden könnten. Um diese Kapazitätsabschätzungen besser zu verstehen und einordnen zu können, gehen wir im Folgenden auf eine Reihe von Fragen ein.

**CDRmare
UPDATE**

Dezember 2024

Wie ist die Abschätzung der Speicherkapazitäten entstanden?

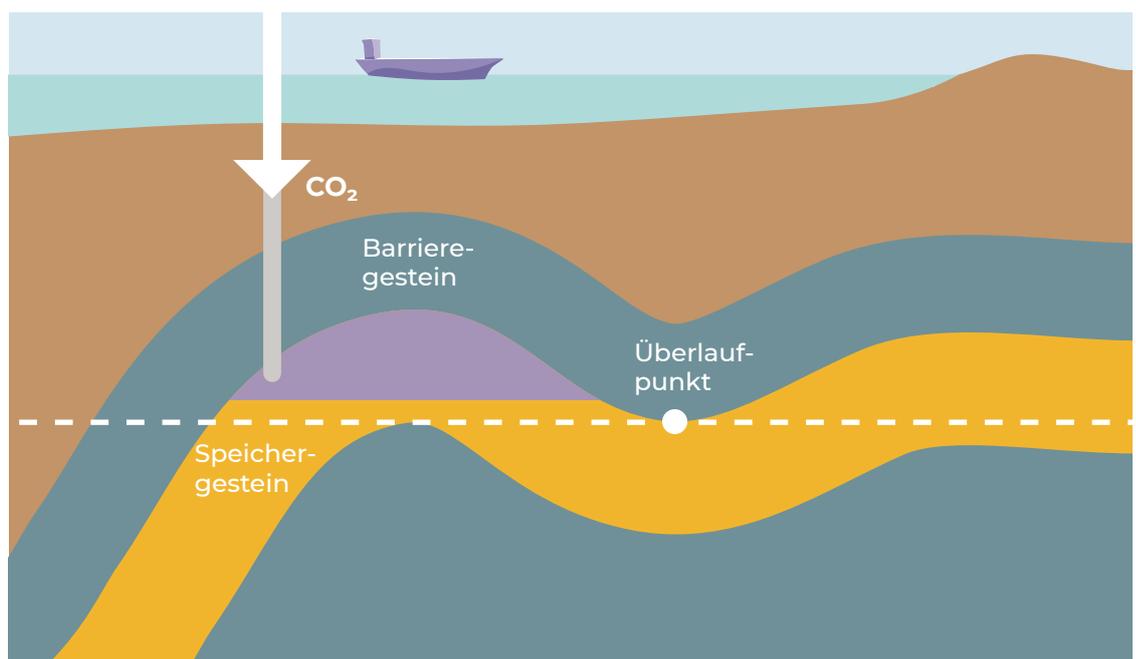
Die Autoren haben in dieser Studie alle verfügbaren geologischen und geophysikalische Daten ausgewertet, um Gebiete im Bereich der deutschen Nordsee zu identifizieren, in deren Untergrund potenziell CO₂ gespeichert werden kann. Dabei haben sie ihre Arbeit überwiegend auf die Gesteinsschichten des Mittleren Buntsandstein fokussiert, der in der Nordsee weitverbreitet ist und in Tiefen von 1 bis 4 Kilometer unter dem Meeresboden vorkommt. Diese Gesteinsschichten könnten besonders gut für die Speicherung geeignet sein, da sie sich über große Flächen erstrecken und einen großen Porenraum bieten, in dem potenziell viel CO₂ untergebracht werden kann. Die Autoren haben insgesamt 71 sogenannte

Fallenstrukturen der Speicherformation des Mittleren Buntsandstein analysiert. Dazu gehören zum Beispiel Aufwölbungsstrukturen, die eine horizontale Ausbreitung des CO₂ innerhalb der Struktur begrenzen. Diese Strukturen wurden nach ihrem Volumen, der Tiefe und den vorhandenen potenziellen Deckschichten untersucht.

Anhand dieser Kriterien erfolgte eine Auswahl von 38 untersuchungswürdigen Strukturen, in denen der Untergrund potenziell gute Speichermöglichkeiten bieten könnte und welche mit ausreichend mächtigen, potenziell undurchlässigen Gesteinsschichten überdeckt sind. Für jede einzelne dieser 38 Fallenstrukturen wurde die CO₂-Speicherkapazität

Schematische Darstellung einer Aufwölbungsstruktur. Vereinfacht gesagt, bildet das Speichergestein hier eine Art Glocke, in der sich das injizierte CO₂ ansammeln würde. Der Überlaufpunkt markiert jene Stelle, ab der das eingelagerte CO₂ nicht mehr in die Glocke, sondern in den benachbarten Teil des Speichergesteins wandern würde.

Artwork: Rita Erven, CDRmare



GEFÖRDERT VOM

abgeschätzt. Dazu musste jeweils das nutzbare Porenvolumen des Speichergesteins abgeschätzt werden. Dieses Volumen entspricht einer statischen Speicherkapazität von 0,9 bis 5,6 Milliarden Tonnen CO₂. Diese Kapazität sollte nur

als theoretische Speicherkapazität aufgefasst werden. Sie gilt für die Gesteinsschichten des Mittleren Buntsandstein der deutschen Nordsee seewärts der 12-Meilen Zone.

Wieso wird für diese Quantifizierung keine feste Zahl angegeben, sondern nur ein Bereich?

Einige Größen, die für die Quantifizierung der Speicherkapazität benötigt werden, sind für die Abschätzung in ausreichendem Maß bekannt – so zum Beispiel die Fläche der Strukturen und die Nettomächtigkeiten der Gesteinsschichten. Andere Größen hingegen sind nur punktuell oder nicht genau bekannt und können daher nur abgeschätzt werden.

Eine große Unbekannte bei der Berechnung der statischen Kapazitäten ist der Anteil des Porenraums, der für die

CO₂-Speicherung geotechnisch genutzt werden kann. Bei den Abschätzungen wurde angenommen, dass nicht das gesamte Porenvolumen des Speichergesteins, sondern nur 5 bis 20 Prozent davon für die CO₂-Speicherung nutzbar ist und mit CO₂ gefüllt werden kann. Angenommen, dass nur ein kleiner Anteil (5 Prozent) nutzbar ist, resultiert daraus eine geringe Speicherkapazität. Liegt der nutzbare Anteil des Porenraums hingegen bei 20 Prozent, ergeben die Abschätzungen eine entsprechend höhere Kapazität.

Was ist der Unterschied zwischen der statischen und dynamischen Speicherkapazität?

Alle oben angegebenen Zahlen beruhen auf einer Abschätzung des nutzbaren Porenvolumens im Untergrund. Die so abgeschätzten Werte werden auch als statische Speicherkapazitäten bezeichnet. Sie stellen theoretische Maximal-Werte dar, die durch verschiedene (geotechnische, rechtliche, politische, sozioökonomische etc.) Faktoren verringert werden können.

Um die nutzbaren Anteile des Porenraumes und die Speicherkapazitäten der Strukturen genauer zu bestimmen, müssten detaillierte Modelle des Untergrunds für jede der 38 Strukturen entwickelt werden. Anschließend könnte dann am Computer simuliert werden, wie sich das CO₂ in der

Struktur ausbreiten und wie stark der Druck bei der Injektion bestimmter Mengen an CO₂ am jeweiligen Standort ansteigen würde. Wenn es zu einem raschen Druckanstieg kommt, kann CO₂ nur langsam injiziert und möglicherweise nur ein kleiner Teil des Porenvolumens genutzt werden. Diese Betrachtungen hängen von den jeweiligen Injektions-szenarien und der Betriebszeit ab. Eine längere Injektion mit geringeren Raten könnte zum Beispiel die Aufnahme erhöhen im Vergleich zu einer raschen Injektion. Die so berechnete speicherbare CO₂-Menge, die als dynamische Speicherkapazität bezeichnet wird, wäre dann kleiner als die bisher abgeschätzte statische Speicherkapazität.

Wie können die Abschätzungen in Zukunft präzisiert werden?

Um die Abschätzungen der Speicherkapazitäten zu präzisieren, müssen neue, genauere Daten zu den Gegebenheiten in den untersuchungswürdigen Gebieten im Untergrund der Nordsee erhoben werden. Beispielsweise könnten Firmen eine Untersuchungsgenehmigung für ausgewählte Gebiete beantragen, sobald das neue Gesetz zur CO₂-Speicherung in Deutschland in Kraft getreten ist. Wird eine Erlaubnis erteilt, können die Firmen den Untergrund in dem jeweiligen Gebiet genauer erkunden, indem sie zum Beispiel seismische Untersuchungen durchführen und Probebohrungen vornehmen. Auf Basis der Ergebnisse solcher Untersuchungen können detaillierte Modelle der vorgesehenen Speicherstruktur und ihrer Umgebung erstellt werden. Mit deren Hilfe können dann Szenarien zur CO₂-Injektion am Computer simuliert werden, um abzuschätzen, mit welcher Rate wie viel CO₂ jeweils injiziert werden könnte. Die so bestimmten

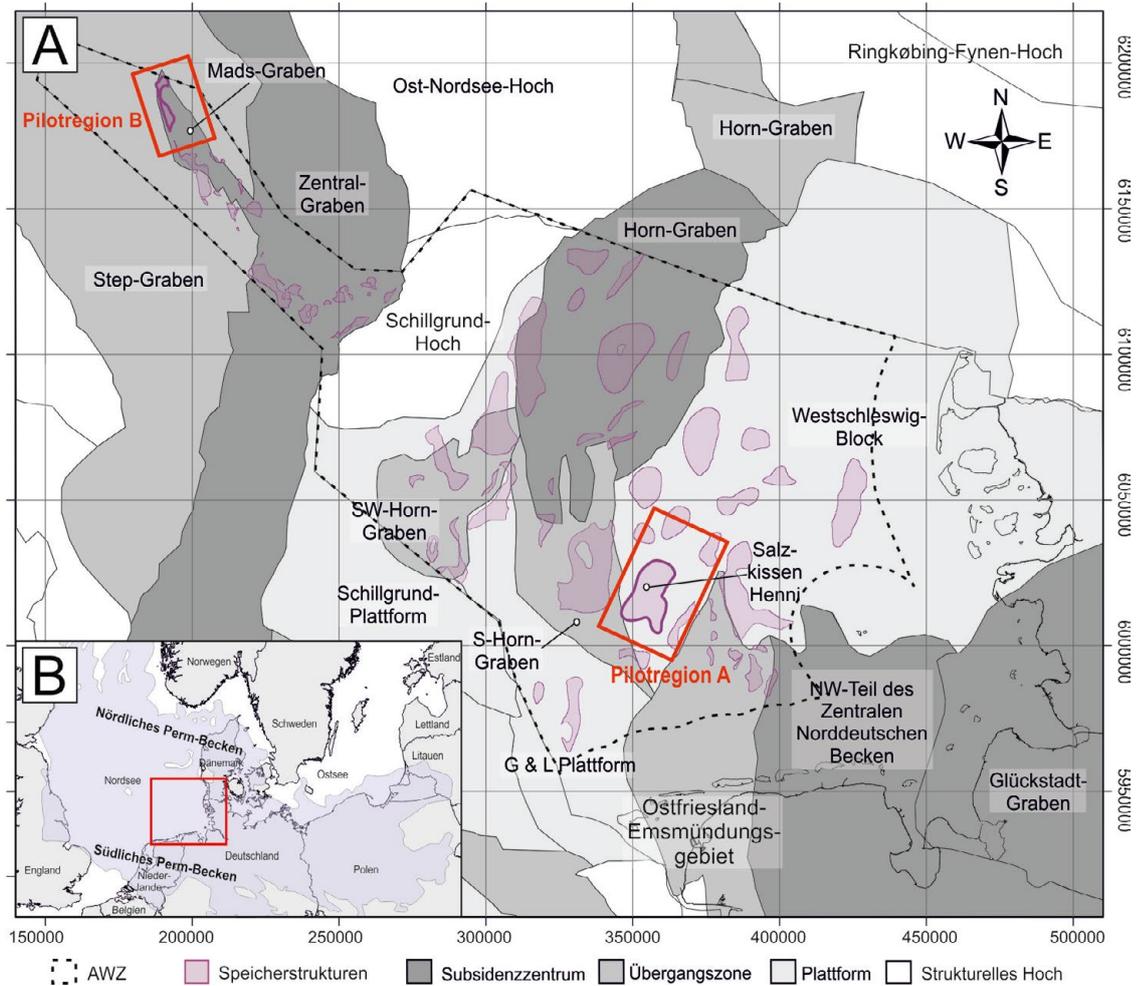
dynamischen Speicherkapazitäten geben genauer an, wie viel CO₂ über die geplante Betriebsdauer an dem untersuchten Standort gespeichert werden könnte.

Im GEOSTOR-Projekt wurden dynamische Speicherkapazitäten bereits für ein ausgewähltes Untersuchungsgebiet modelliert. Dabei wurde gezeigt, dass dort bis zu 10 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr gespeichert werden könnten, wenn ein starker Druckanstieg in der Formation zugelassen wird ([CDRmare insights zum GEOSTOR-Verbund](#)). In den kommenden Jahren wird im GEOSTOR-Projekt untersucht, ob dieser Druckanstieg zu Leckagen führen könnte. Falls es ein signifikantes Leckagerisiko gibt, müsste das CO₂ mit geringerer Rate eingebracht werden, so dass die dynamische Speicherkapazität niedriger ausfallen würde als bisher abgeschätzt.

Diese Karte zeigt die 71 von den Forschenden identifizierten Speicherstrukturen des Mittleren Buntsandstein (pinkfarbene Flächen) tief unter der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee. Markiert sind außerdem die verschiedenen geologischen Regionen, von denen einige im Text erwähnt werden.

Die Pilotregionen A und B kennzeichnen Speicherstrukturen des Mittleren Buntsandstein, die im Verbundprojekt GEOSTOR genauer erforscht werden.

Grafik: BGR,
Lizenz: dl-de/by-2-0



Wo liegen mögliche, aus geologischer Sicht untersuchungswürdige Speicherstrukturen?

Die Auswertung der bisher verfügbaren geologischen Daten und die Anwendung der im Projekt gewählten Auswahlkriterien haben ergeben, dass untersuchungswürdige Standorte im Westschleswig-Block liegen (siehe Karte). Dort gibt es mächtige Gesteinsschichten des Buntsandstein, die in weniger als 3 Kilometer Tiefe unter dem Meeresboden vorkommen. Die möglichen Speicherstrukturen in diesem Gebiet sind nach den Seiten hin offen, so dass sich der Druck bei einer CO₂-Injektion gut verteilen könnte. Allein in diesem Gebiet beträgt die statische Speicherkapazität 0,4 - 2,0

Milliarden Tonnen CO₂. In anderen Nordseegebieten, wie zum Beispiel dem Zentral-Graben, kommen Speicherstrukturen mit Speichergesteinen des Buntsandstein vor, die möglicherweise aus geotechnischer und wirtschaftlicher Sicht weniger attraktiv sind, da es aufgrund der dortigen hydraulischen Bedingungen zu einem schnellen Druckanstieg kommen könnte. Jedoch könnten hier noch weitere stratigraphische Speichergesteine genutzt werden, z.B. Sandsteine des Mittleren und Unteren Jura.

Wieviel CO₂ kann unter der deutschen Nordsee tatsächlich gespeichert werden?

Die oben genannten Zahlen und Überlegungen berücksichtigen nur die geologischen Gegebenheiten und wenige geotechnische Aspekte. Die Nordsee wird jedoch bereits vielfältig genutzt, so dass manche Strukturen, die aus geologischer Sicht weiter untersuchungswürdige sind, nicht nutzbar sein werden. Das gilt zum Beispiel für Naturschutzgebiete, unter denen nach der jetzigen Planung eine CO₂-Speicherung verboten werden soll. Zudem werden große

Gebiete der Nordsee bereits für Windparks, die Schifffahrt und das Militär genutzt oder sind für diese Nutzungen raumordnerisch verplant. Dort kann nur dann CO₂ gespeichert werden, wenn Konzepte für eine Mehrfachnutzung entwickelt werden, so dass CO₂ beispielsweise unterhalb von geplanten Windparks gespeichert werden könnte. Insgesamt können die abgeschätzten statischen und dynamischen Kapazitäten an jedem Speicherstandort durch verschiedene

(geotechnische, rechtliche, politische, sozioökonomische etc.) Faktoren verringert werden. Die tatsächliche Speicherkapazität einer Struktur ist erst am Ende eines Speicherprojektes bekannt.

Für eine Gesamtbewertung muss weiterhin berücksichtigt werden, dass bisher vorrangig der Mittlere Buntsandstein als mögliche Speicherformation betrachtet wurde. Es gibt jedoch einige weitere geologische Einheiten unter der Nordsee, wie die Sandsteine des Rotliegend und des Jura, für die es noch keine Abschätzungen der Speicherkapazitäten gibt und in denen möglicherweise CO₂ gespeichert werden könnte. Die statische Speicherkapazität unter der deutschen Nordsee

könnte daher höher sein als der bislang nur für den Mittleren Buntsandstein abgeschätzte Wert von 0,9 und 5,6 Milliarden Tonnen CO₂. Dennoch ist die Speicherkapazität insgesamt kleiner als in den norwegischen, britischen und dänischen Sektoren der Nordsee, in denen ebenfalls CO₂ aus deutschen Quellen gespeichert werden könnte.

Insgesamt muss aufgrund der raumplanerischen, geotechnischen und wirtschaftlichen Randbedingungen damit gerechnet werden, dass die tatsächlich nutzbare Speicherkapazität in der deutschen Nordsee deutlich niedriger sein wird als die statische Kapazität.

Alle Erläuterungen beziehen sich auf die Studie: A. Fuhrmann, S. Knopf, H. Thöle, F. Kästner, N. Ahlrichs, H. L. Stück, A. Schlieder-Kowitz, G. Kuhlmann (2024): CO₂ storage potential of the Middle Buntsandstein Subgroup – German sector of the North Sea, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 136, <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2024.104175>.

Weitere Informationen zur GEOSTOR-Forschungsergebnissen finden Sie hier:



>> CCS – Was ist das? Der GEOSTOR-Podcast.
Anhören unter: <https://geostor.cdrmare.de/podcast/>



>> CDRmare Insights – CO₂-Speicherung tief unter der deutschen Nordsee:
Die sieben wichtigsten Erkenntnisse aus der GEOSTOR-Forschung,
Download unter: <https://cdrmare.de/factsheets/>

IMPRESSUM

Dies ist eine Veröffentlichung unter der Creative Commons Lizenz 4.0

International:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Außer BGR-Grafik S. 3:
Lizenz dl-de/by-2-0

Text: Klaus Wallmann, Sina Löschke // Kontakt: Kristin Hamann (khamann@geomar.de) // Design: Rita Erven // GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel // Wischhofstr. 1–3 // 24148 Kiel // Dezember 2024 //

Diese Publikation ist folgendermaßen zu zitieren

Wallmann, K., Löschke, S. (2024): *CDRmare Update: Neue Abschätzung der CO₂-Speicherkapazität unter der deutschen Nordsee*, pp. 1-4, DOI 10.3289/CDRmare.43



geostor.cdrmare.de



[linkedin.com/company/cdrmare/](https://www.linkedin.com/company/cdrmare/)



CDRmare
Wissenstransfer
transfer@cdrmare.de



GEOSTOR – Submarine Kohlendioxid-Speicherung in Geologischen Formationen der Deutschen Nordsee ist ein Forschungsverbund im Rahmen der **Forschungsmission CDRmare**.

In der Forschungsmission CDRmare der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM), werden verschiedene Methoden der marinen CO₂-Entnahme und Speicherung (Alkalinisierung, Blue Carbon, CCS) hinsichtlich ihres Potenzials, ihrer Risiken und Trade-Offs untersucht und in einem transdisziplinären Bewertungsrahmen zusammengeführt.