

Antwort der Bundesregierung

**auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Michael Blos, Andrea Bleck,
Dr. Ingo Hahn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der AfD
– Drucksache 21/4619 –**

Änderung des Londoner Protokolls (CO₂-Export) auf Bundestagsdrucksache 21/3194 und Erstes Gesetz zur Änderung des Hohe-See-Einbringungsgesetzes (Offshore-CCS/Geo-Engineering) auf Bundestagsdrucksache 21/3195

Vorbemerkung der Fragesteller

Mit dem Gesetzentwurf auf Bundestagsdrucksache 21/3194 soll die Ausfuhr von Kohlendioxidströmen auf dem Seeweg zur Beseitigung ermöglicht werden, sofern die betroffenen Staaten eine „Übereinkunft oder Absprache“ eingehen und die damit verbundenen Bedingungen einhalten.

Zugleich wird auf Bundestagsdrucksache 21/3194 ausgeführt, dass „mangels kurzfristig ausreichend verfügbarer Speicherkapazitäten in Deutschland“ auch der Export von abgeschiedenem Kohlendioxid in andere Staaten zur dortigen Speicherung „notwendig“ sei.

Mit dem Gesetzentwurf auf Bundestagsdrucksache 21/3195 sollen u. a. die Voraussetzungen für die Off-shore-Speicherung von CO₂ im Anwendungsbereich des Hohe-See-Einbringungsgesetzes (HSEG) geschaffen, der Export in andere Staaten zur Offshore-Speicherung ermöglicht und die zulässigen Methoden zur Erforschung des marinen Geo-Engineerings erweitert werden.

Der Gesetzentwurf auf Bundestagsdrucksache 21/3195 stellt außerdem klar, dass die Rahmenbedingungen durch den Vorhabenträger überwacht und die ermittelten Daten den zuständigen Behörden zur Verfügung gestellt werden sollen.

1. Welche konkreten Mindestanforderungen (so möglich, bitte als Prüfliste) muss die auf Bundestagsdrucksache 21/3194 genannte „Übereinkunft oder Absprache“ erfüllen, um den Export von „Kohlendioxidströmen auf dem Seeweg zur Beseitigung“ zu ermöglichen (z. B. Monitoring, Reporting, Notfallmanagement, Langzeitkontrolle, Haftungsregeln)?

Die Anforderungen können Artikel 6 des Protokolls vom 7. November 1996 zum Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen von 1972 (Londoner Protokoll) in der Fassung, die es durch die EntschlieÙung LP 3.(4) vom 30. Oktober 2009

erhalten hat, insbesondere den Bestimmungen in ihrer Anlage 2, entnommen werden (BGBl. 2026 II Nr. 49).

2. Nach welchen objektiv nachprüfbaren Kriterien bewertet die Bundesregierung, ob ein Drittstaat im Rahmen einer „Übereinkunft oder Absprache“ die „damit verbundenen Bedingungen“ tatsächlich einhält (bitte Kriterien und Zuständigkeiten benennen)?

Eine Vereinbarung im Sinne der Entschließung LP.3(4) vom 30. Oktober 2009 ist formaler Natur und enthält keine rechtlich einklagbaren Regelungen. Es handelt sich nicht um einen Vertrag und auch nicht um eine vorvertragliche Vereinbarung. Der Abschluss der Vereinbarung erfolgt zwischen zwei Ländern zur Einhaltung der formalen Voraussetzungen der Entschließung LP.3(4) vom 30. Oktober 2009 zur Änderung von Artikel 6 des Londoner Protokolls.

Handelt es sich bei dem Ausführ- und dem Empfängerstaat jeweils um eine Vertragspartei des Londoner Protokolls, muss die Vereinbarung eine Bestätigung enthalten, dass die Erlaubniserteilung für die Einbringung des CO₂ in den Meeresuntergrund im Einklang mit den Vorgaben des Londoner Protokolls und den anderen anwendbaren Regeln des Völkerrechts erfolgt. Ferner sind in der Vereinbarung die Zuständigkeiten für die Erlaubniserteilung zwischen dem Ausführ- und dem Empfängerstaat zu bestimmen, insbesondere die für die Erlaubnis zur Einbringung von CO₂ zuständigen Behörden zu benennen.

Im Falle des Exports zu einer Nichtvertragspartei des Londoner Protokolls müssen analoge Anforderungen zu denen des Londoner Protokolls mit der Nichtvertragspartei vereinbart werden, um eine Abweichung von den Bestimmungen des Londoner Protokolls zu verhindern.

Darüber hinaus sind in der EU Regelungen zur CO₂-Speicherung, für den Transport usw. durch EU-Recht festgelegt; mit einer bilateralen Vereinbarung kann von diesen Regelungen auch nicht abgewichen werden.

3. Auf welche Sanktions- bzw. Durchsetzungsinstrumente beabsichtigt die Bundesregierung zurückzugreifen, wenn der Zielstaat bzw. Betreiber die Bedingungen aus der Übereinkunft bzw. Absprache nicht einhält (z. B. Exportstopp, Vertragsstrafen, Sicherheitsleistungen, Kündigung bzw. Anpassung der Übereinkunft)?

Es wird auf die Antwort zu Frage 2 verwiesen.

4. Welche Maßnahmen wird die Bundesregierung ggf. ergreifen, um die Öffentlichkeit und betroffene Interessengruppen in die Bewertung und Veröffentlichung der (nach Bundestagsdrucksache 21/3194) Übereinkünfte bzw. Absprachen (inklusive Anlagen und technischer Standards) einzubeziehen?

Die Vereinbarungen werden veröffentlicht.

5. Welcher Behörde wird die Bundesregierung voraussichtlich die Hauptverantwortung für die Durchführung der Prüfungen übertragen, und welche regelmäßigen Überprüfungsintervalle sind vorgesehen, um die Einhaltung langfristig sicherzustellen?

Eine Überprüfung der bilateralen Vereinbarung ist mangels Regelungsinhalt nicht notwendig. Im Übrigen wird auf die Antwort zu Frage 2 verwiesen.

6. Wie begründet die Bundesregierung die Aussage auf Bundestagsdrucksache 21/3194 „Erfüllungsaufwand: Keiner“, angesichts der dort vorausgesetzten Übereinkünfte bzw. Absprachen und der dort genannten Einhaltung von Bedingungen (bitte die angenommene Aufgabenverteilung und den Prüfaufwand darlegen)?

Bei dem Gesetz zu den Entschlüssen LP.3(4) vom 30. Oktober 2009 und LP.5(14) vom 11. Oktober 2019 über die Änderung des Artikels 6 des Protokolls vom 7. November 1996 zum Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen von 1972 (Bundestagsdrucksache 21/3194) handelt es sich um ein reines Vertragsgesetz im Sinne von Artikel 59 Absatz 2 Satz 1 des Grundgesetzes. Es werden die innerstaatlichen Voraussetzungen für die Ratifikation der Änderung von Artikel 6 des Londoner Protokolls aufgrund der Entschlüsselung LP.3(4) geschaffen. Durch die völkerrechtliche Ratifikation entsteht kein Erfüllungsaufwand, da die Bundesrepublik Deutschland lediglich von der Möglichkeit Gebrauch macht, die ihr als Vertragspartei des Londoner Protokolls eingeräumt wurde, die Ausfuhr von CO₂ durch eine Ausnahme zu dem allgemeinen Verbot der Ausfuhr von Stoffen oder sonstigen Gegenständen zuzulassen. Durch die Ergänzung des allgemeinen Exportverbots um eine Ausnahme für die Ausfuhr von Kohlendioxidströmen entsteht für die Bundesrepublik Deutschland noch keine Verpflichtung, entsprechende Exportvereinbarungen mit Empfängerstaaten abzuschließen.

Der für den Abschluss der Vereinbarungen anfallende Erfüllungsaufwand ist im Ersten Gesetz zur Änderung des Hohe-See-Einbringungsgesetzes (Bundestagsdrucksache 21/3195) berücksichtigt.

7. Wie erklärt die Bundesregierung, dass Bundestagsdrucksache 21/3194 Länder und Gemeinden als „nicht mit zusätzlichen Kosten belastet“ ausweist, obwohl bei Export bzw. Überwachung typischerweise Verwaltungsaufgaben anfallen (bitte begründen)?

Es wird auf die Antwort zu Frage 6 verwiesen.

8. Welche konkreten Daten bzw. Annahmen (Zeithorizont, Mengen, verfügbare Kapazitäten) liegen der Aussage zugrunde (Bundestagsdrucksache 21/3194), die Notwendigkeit des Exports begründe sich u. a. „mangels kurzfristig ausreichend verfügbarer Speicherkapazitäten in Deutschland“ (bitte tabellarisch darstellen, so möglich)?

Aktuell gibt es in Deutschland keine CO₂-Speicher. Es sind auch keine im Bau. Die Dauer für die Erschließung von CO₂-Speichern wird auf acht bis zehn Jahre geschätzt.

9. Welche Staaten bzw. Regionen kommen aus Sicht der Bundesregierung dafür vorrangig in Betracht, wenn der Export in andere Staaten zur Offshore-Speicherung ermöglicht werden soll, und nach welchen Auswahlkriterien soll dies geschehen (Bundestagsdrucksache 21/3195)?

Eine CO₂-Speicherung im Ausland macht wirtschaftlich nur Sinn, wenn für das eingespeicherte CO₂ keine Emissionshandelszertifikate abgegeben werden müssen. Vor diesem Hintergrund ist eine Speicherung lediglich in Ländern sinnvoll, die dem EU-Emissionshandel unterfallen. Mit diesen Ländern käme der Abschluss von Vereinbarungen zum Export von CO₂ zur Speicherung unter dem Meeresboden daher aus Sicht der Bundesregierung vorrangig in Betracht.

10. Wie wird nach Einschätzung der Bundesregierung sichergestellt, dass der ausländische Vertragspartner kein CO₂ entweichen lässt?

Die Sicherheitsvorgaben für CO₂-Speicher sind von dem jeweiligen Land zu regeln. EU-Staaten sind insoweit an ein strenges Monitoring-Regiment gemäß den einschlägigen europäischen Richtlinien gebunden.

11. Welche verbindlichen Kriterien nutzt die Bundesregierung zur Abgrenzung „schwer oder nicht vermeidbar“ (Bundestagsdrucksache 21/3195 nennt als Ziel, „vor allem technisch schwer oder nicht vermeidbare CO₂-Emissionen“ abzuscheiden, branchenbezogen; bitte prozessbezogen, BAT (Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert)-Standard etc., angeben)?

Die Aussage im Gesetzentwurf auf Bundestagsdrucksache 21/3195 bezieht sich vor allem auf Prozessemissionen aus der Kalk- und Zementproduktion sowie Emissionen aus der Abfallverbrennung.

12. Welche Methoden will die Bundesregierung konkret zusätzlich zulassen (bitte einzeln benennen), und welche Ausschlusskriterien gelten (Bundestagsdrucksache 21/3195 erweitert „Methoden zur Erforschung des marinen Geo-Engineerings“)?

Es wird auf das Erste Gesetz zur Änderung des Hohe-See-Einbringungsgesetzes (HSEG) und hier insbesondere auf die Anlage zu § 4 Satz 2 Nummer 3 verwiesen (siehe Bundestagsdrucksache 21/3195).

Die Erforschung der Methoden darf nur unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben, insbesondere den Vorgaben des neuen § 5a HSEG, durchgeführt werden; die Einhaltung der Vorgaben für die Erforschung der Methoden ist vorab in einem Genehmigungsverfahren zu prüfen.

13. Welche Mess- bzw. Berichtspflichten (Parameter, Frequenz, Dauer, Datenformat) will die Bundesregierung verbindlich festlegen dafür, dass der Vorhabenträger „Rahmenbedingungen überwacht“ und Daten an die Behörden übermittelt, und sollen die Daten veröffentlicht werden (ebd.)?

Mit dem Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Hohe-See-Einbringungsgesetzes werden gemäß § 5a Absatz 1 Satz 2 Nummer 6 Anforderungen an die Beobachtung, Dokumentation und Berichterstattung über die Umweltauswirkungen dieser Maßnahmen festgelegt. Somit wird der Vorhabenträger verpflichtet, die Auswirkungen des Vorhabens auf die Meeresumwelt, die Ökosysteme und die biologische Vielfalt zu untersuchen und nachvollziehbar zu dokumentieren sowie die gewonnenen Daten den zuständigen Behörden zu übermitteln.

Umfang, Inhalt und Ausgestaltung dieser Untersuchungs-, Dokumentations- und Berichtspflichten werden nach § 5a Absatz 1 Satz 3 HSEG vorhabenspezifisch im Erlaubnisbescheid festgelegt. Art, Umfang und Dauer des Monitorings richten sich nach dem jeweiligen Vorhaben, den eingesetzten Methoden sowie den zu erwartenden Wirkungen und Unsicherheiten und können nicht vorab festgelegt werden.

14. Welche konkret benannten ökologischen Risiken für Meeresökosysteme hat die Bundesregierung im Zusammenhang mit Offshore-CCS (Carbon Capture and Storage) sowie mit der nach Bundestagsdrucksache 21/3195 erweiterten Erforschung des marinen Geo-Engineerings identifiziert (bitte getrennt nach Risiken durch Normalbetrieb, Störfall bzw. Leckage, Bau, Transport und Monitoring ausweisen; bitte jeweils mit kurzer Wirkpfadbeschreibung, z. B. pH-Absenkung/Säurebildung, CO₂-Plume-Ausbreitung, Austritte von Brine- bzw. Formation-Fluids, Schwermetallmobilisierung, benthische Habitatbeeinträchtigung, Änderungen von Biodiversität bzw. Artenzusammensetzung ausweisen)?

Zu Offshore-CCS wird auf ein UBA Positionspapier (Carbon Capture and Storage, Diskussionsbeitrag zur Integration in die nationalen Klimaschutzstrategien von 2023, Kapitel 2) verwiesen.

Zum marinen Geo-Engineering (mGE) wird auf die Forschungsmission CDRmare („Marine Carbon Sinks in Decarbonisation Pathways“) der Deutschen Allianz Meeresforschung verwiesen. Auf den Informationsseiten und in den Factsheets der einzelnen CDRmare-Forschungsprojekte sind Details zu ersten Erkenntnissen aus Modellierungen und kleinskaligen Experimenten zu finden.

15. Wie bewertet die Bundesregierung die Belastbarkeit ihrer Risikobewertungen angesichts begrenzter Langzeiterfahrung und einer geringen Zahl großskaliger Offshore-CCS-Standorte (bitte Bewertungsmaßstab: Evidenzstufe, Unsicherheiten, Datenbasis, Übertragbarkeit, benennen)?

Die Risikobewertungen für Offshore-CCS wird in der Literatur und in regulatorischen Bewertungsrahmen regelmäßig als zunehmend belastbar bezogen auf Teilaspekte beschrieben.

Die Datenbasis ist eine Kombination aus Betriebsdaten weniger großskaliger CCS-Standorte in anderen Staaten (z. B. Sleipner, Snøhvit in Norwegen) und experimentellen sowie modellbasierten Datensätzen.

Physikalisch-chemische Prozesse der CO₂-Speicherung sind dabei grundsätzlich gut übertragbar; die Integrität geologischer Barrieren, Migrationspfade und potenzielle Umweltwirkungen hängen jedoch stark von lokalen geologischen, hydrodynamischen und ökologischen Bedingungen ab und erfordern daher standortspezifische Bewertungen und Monitoringprogramme.

16. Welche peer-reviewten Studien sowie welche behördlichen bzw. amtlichen Bewertungen (z. B. nationale Fachbehörden, internationale Gremien, Genehmigungs- bzw. Umweltprüfunterlagen) liegen der Bundesregierung ggf. zu ökologischen Auswirkungen der Offshore-CO₂-Speicherung vor, einschließlich der Szenarien CO₂-Leckage sowie Brine- bzw. Formation-Fluid-Austritt (bitte mit vollständiger Fundstelle bzw. Link und Kurzzinhalte: untersuchter Standort bzw. analog, Methodik, Kernergebnisse, benennen)?

Eine Auswahl von entsprechenden Studien kann der beigefügten Anlage entnommen werden.*

* Von einer Drucklegung der Anlage wird abgesehen. Diese ist auf Bundestagsdrucksache 21/4934 auf der Internetseite des Deutschen Bundestages abrufbar.

17. Welche explizit benannten Wissenslücken werden in diesen in Frage 16 erfragten möglichen Quellen ggf. festgestellt betreffend
- a) Langzeitfolgen (Dekaden bis Jahrhundert),
 - b) kumulativer Effekte (mehrere Speicher bzw. mehrere Stressoren),
 - c) Worst-Case- bzw. „low probability – high impact“-Ereignisse,
 - d) Grenzen des Monitorings/Detektionsschwellen sowie Datenlücken (bitte sinngemäß den folgenden Kategorien zuordnen)?

Es wird auf die in der Antwort zu Frage 16 genannte Anlage verwiesen.

18. Wenn der Bundesregierung hierzu keine eigenen Bewertungen vorliegen, sind andere Behörden (Bund oder Länder) zuständig, und bis wann liegen entsprechende Bewertungen vor (vgl. Fragen 14 bis 17)?

Es wird auf die Antwort zu den Fragen 14 und 15 verwiesen.

Anlage zu Frage 16 zur Kleinen Anfrage 21/4619

Übersicht und Liste peer-reviewter Studien sowie behördliche bzw. amtlichen Bewertungen über ökologische Auswirkungen der Offshore CO₂-Speicherung, einschließlich der Szenarien CO₂-Leckage sowie Brine/Formation Fluid Austritt.

Peer-reviewte Studien

1. **Blackford, J., Stahl, H., Bull, J. M., et al. (2014).** *Detection and impacts of leakage from sub-seafloor deep geological carbon dioxide storage.* Nature Climate Change, 4, 1011–1016. DOI: 10.1038/nclimate2381. <https://doi.org/10.1038/nclimate2381>
Standort/Analog: QICS-Freisetzungsversuch, Ardmucknish Bay, Schottland.
Methodik: kontrollierte subseabed-CO₂-Freisetzung mit gekoppelter geophysikalischer, chemischer und biologischer Überwachung.
2. **Taylor, P., Stahl, H., Vardy, M. E., et al. (2015).** *A novel sub-seabed CO₂ release experiment informing monitoring and impact assessment for geological carbon storage.* International Journal of Greenhouse Gas Control, 38, 3–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.09.007>
Standort/Analog: QICS, Ardmucknish Bay.
Methodik: Feldexperiment mit definierter CO₂-Freisetzung unter dem Meeresboden; Test von Monitoring- und Impact-Assessment-Methoden.
3. **Widdicombe, S., McNeill, C. L., Stahl, H., et al. (2015).** *Impact of sub-seabed CO₂ leakage on macrobenthic community structure and diversity.* International Journal of Greenhouse Gas Control, 38, 182–192. [DOI: 10.1016/j.ijggc.2015.01.003](https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.01.003).
Standort/Analog: QICS, Ardmucknish Bay.
Methodik: benthische Beprobung vor, während und nach kontrollierter CO₂-Freisetzung.
4. **Murray, F., Widdicombe, S., McNeill, C. L., & Solan, M. (2013).** *Consequences of a simulated rapid ocean acidification event for benthic ecosystem processes and functions.* Marine Pollution Bulletin, 73(2), 435–442. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.023>
Standort/Analog: Labor-/Mesokosmenversuch zu rascher Versauerung als Leckage-Analog.
Methodik: Kurzzeit-Exposition benthischer Sedimentgemeinschaften gegenüber stark erhöhtem CO₂.
5. **Rastelli, E., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A., et al. (2015).** *Impact of CO₂ leakage from sub-seabed carbon dioxide capture and storage (CCS) reservoirs on benthic virus–prokaryote interactions and functions.* Frontiers in Microbiology, 6, 935. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00935>
Standort/Analog: experimentelle CO₂-angereicherte Bodenwasser-/Sedimentexposition.
Methodik: mikrobiologische Versuche entlang eines simulierten Leckagegradienten.
6. **Rastelli, E., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A., et al. (2016).** *CO₂ leakage from carbon dioxide capture and storage (CCS) systems affects organic matter cycling in surface marine sediments.* Marine Environmental Research, 122, 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.10.007>
Standort/Analog: Sedimentexperimente zu CCS-induzierter CO₂-Leckage.
Methodik: Exposition oberflächennaher Meeressedimente gegenüber erhöhtem pCO₂.

7. **Molari, M., Guilini, K., Lott, C., et al. (2018).** *CO₂ leakage alters biogeochemical and ecological functions of submarine sands.* Science Advances, 4(2), eaao2040. [DOI: 10.1126/sciadv.aao2040](https://doi.org/10.1126/sciadv.aao2040)
Standort/Analog: natürliche CO₂-Seeps bei Panarea (Tyrrhenisches Meer) als Offshore-CCS-Analog.
Methodik: integrative Feldstudie über mehrere trophische Ebenen plus Transplantationsexperimente.
8. **Molari, M., Guilini, K., Ramette, A., & Vanreusel, A. (2019).** *CO₂ leakage can cause loss of benthic biodiversity in submarine sands.* Marine Environmental Research, 144, 213–229. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.01.006>
Standort/Analog: Panarea-CO₂-Seeps.
Methodik: Vergleich ventbeeinflusster und unbelasteter Sandhabitats, biodiversitätsbezogene Auswertung über verschiedene Größenklassen benthischer Organismen.
9. **Lichtschlag, A., Haeckel, M., Olierook, D., et al. (2021).** *Impact of CO₂ leakage from sub-seabed carbon dioxide storage on sediment and porewater geochemistry.* International Journal of Greenhouse Gas Control, 109, 103352. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103352>
Standort/Analog: kontrollierte CO₂-Freisetzung in der zentralen Nordsee (STEMM-CCS).
Methodik: Feldmessungen, Laborversuche und reaktiver Transportmodellansatz.
10. **Blackford, J., Alendal, G., Avlesen, H., et al. (2020).** *Impact and detectability of hypothetical CCS offshore seep scenarios as an aid to storage assurance and risk assessment.* International Journal of Greenhouse Gas Control, 95, 102949. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2019.102949>
Standort/Analog: Synthese aus 86 modellierten Offshore-Seep-Szenarien.
Methodik: Multi-Modell-Synthese zur Kopplung von Leakrate, Nachweisbarkeit und Impact-Potenzial.
11. **Dewar, M., Blackford, J., Espie, T., Wilford, S., & Bouffin, N. (2022).** *Impact potential of hypersaline brines released into the marine environment for CCS reservoir pressure management.* International Journal of Greenhouse Gas Control, 114, 103559. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103559>
Standort/Analog: Nordsee-nahe Szenarien zur Druckbewirtschaftung von CCS-Speichern.
Methodik: hochauflösende hydrodynamische Modellierung mehrerer hypersaliner Brine-Einleitungsszenarien.

Behördliche/amtliche/genehmigungsnahе Bewertungen

1. **IPCC. (2005).** *Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage – insbesondere Chapter 5 “Underground geological storage”.*
Typ: internationales Sachstandsassessment.
Kurzinhalt: bewertet geologische Speicherung insgesamt als machbar; benennt Leckagepfade über Injektionsbohrungen, Altbohrungen, Störungen und unzureichende Deckschichten; fordert sorgfältige Standortwahl, Monitoring und Remediation.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_wholereport-1.pdf
2. **OSPAR Commission. (2006).** *Placement of CO₂ in Subsea Geological Structures.*
Typ: amtliche OSPAR-Bewertung / Vorläuferdokument.
Kurzinhalt: wertet verfügbare Literatur zu Umweltwirkungen, Risikokategorisierung

und Monitoring von subseabed storage aus; Schluss: Offshore-Speicherung ist technisch machbar, wenn Standorte geeignet ausgewählt, betrieben und überwacht werden; Leckagerisiken müssen gegen Auswirkungen auf die Meeresumwelt bewertet werden. (OSPAR Commission: <https://www.ospar.org/documents?v=7050>)

3. **OSPAR Commission. (2007).** *Decision 2007/02 on the Storage of Carbon Dioxide Streams in Geological Formations.*
Typ: bindende OSPAR-Entscheidung.
Kurzinhalt: Genehmigungen dürfen nur erteilt werden, wenn die Speicherung keine signifikant nachteiligen Folgen für die Meeresumwelt erwarten lässt; damit ein zentraler regulatorischer Bewertungsmaßstab für Offshore-CCS im Nordostatlantik. (OSPAR Commission: <https://www.ospar.org/documents?v=32643>)
4. **International Maritime Organization (IMO)/London Protocol. (2012).** *Specific Guidelines for the Assessment of Carbon Dioxide Streams for Disposal into Sub-seabed Geological Formations.*
Typ: internationales amtliches Prüf- und Bewertungsraster.
Kurzinhalt: verlangt Standortcharakterisierung einschließlich physikalischer, chemischer und biologischer Merkmale von Wassersäule und Meeresboden; explizit zu prüfen sind Leckagepfade, Auflösung von CO₂ in Sediment und Wasser sowie Änderungen von pH, Metallmobilität, Nährstoffverfügbarkeit und anderen chemischen Parametern. (wwwcdn.imo.org)
5. **Northern Lights JV. (2019).** *Impact Assessment: Northern Lights – Receiving and permanent storage of CO₂* (permit/EIA-Unterlage für Aurora/EL001, Norwegen).
Typ: genehmigungsbezogene Umweltprüfunterlage.
Kurzinhalt: bewertet Leckage zum Meeresboden als generell „minor“ bzw. hoch unwahrscheinlich; verwendet eine Schwelle von 50 kg CO₂/m²/Tag als Grenze, unterhalb derer keine signifikante beobachtbare negative Umweltwirkung angenommen wird; erwartet keine vulnerablen benthischen Lebensräume im Lizenzgebiet und beschreibt pH/pCO₂/pO₂-Sensorik für das Umweltmonitoring. (norlights.com)
6. **DNV GL for Northern Lights. (2019).** *Miljørisiko for EL001, Northern Lights, mottak og permanent lagring av CO₂* (umweltbezogene Risikoanalyse als Permit-Support-Dokument).
Typ: genehmigungsnahe Umwelt-Risikoanalyse.
Kurzinhalt: stützt sich auf die ECO₂-„best practice“-Methodik; bewertet Reservoir-, Pipeline- und Anlagenlecks; legt pH-Änderungen als maßgebliche Schadvariable zugrunde und leitet Einflusszonen aus Leckageraten ab. Für das Reservoirgebiet wurden keine besonders sensiblen benthischen Ressourcen identifiziert; die Analyse verweist zugleich auf ein repräsentatives Sleipner-ERA-Szenario mit geringer/vernachlässigbarer Umweltwirkung bei ca. 50 kg CO₂/m²/Tag in begrenzter Fläche. (norlights.com)

Spezifisch zu Brine/Formation Fluid

1. **Wichtigste peer-reviewte Quelle:** Dewar, M., Blackford, J., Espie, T., Wilford, S., & Bouffin, N. (2022). Impact potential of hypersaline brines released into the marine environment for CCS reservoir pressure management. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 114, 103559. Dewar et al. (2022) behandelt **hypersaline Brine-Freisetzen** als Teil des Reservoir-Pressure-Managements und kommt zu kleinen, aber standortabhängigen Impact-Footprints bei rascher Verdünnung in hydrodynamisch aktiven Gebieten. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103559>

2. **Wichtige Einordnung aus der Review-Literatur:** Jones, D. G., Beaubien, S. E., Blackford, J. C., Foekema, E. M., Lions, J., De Vittor, C., ... & Queirós, A. M. (2015). Developments since 2005 in understanding potential environmental impacts of CO2 leakage from geological storage. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 40, 350-377. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.05.032>
3. **Genehmigungs-/Projektunterlagen:** Permitting-nahe Offshore-Dokumente behandeln Formation Water meist **szenariobasiert**. Offshore Environmental Statement for the Northern Endurance Partnership; Reference: D/4271/2021, Document: NS051-EV-REP-000-00021, September 2023 (bp.com)

