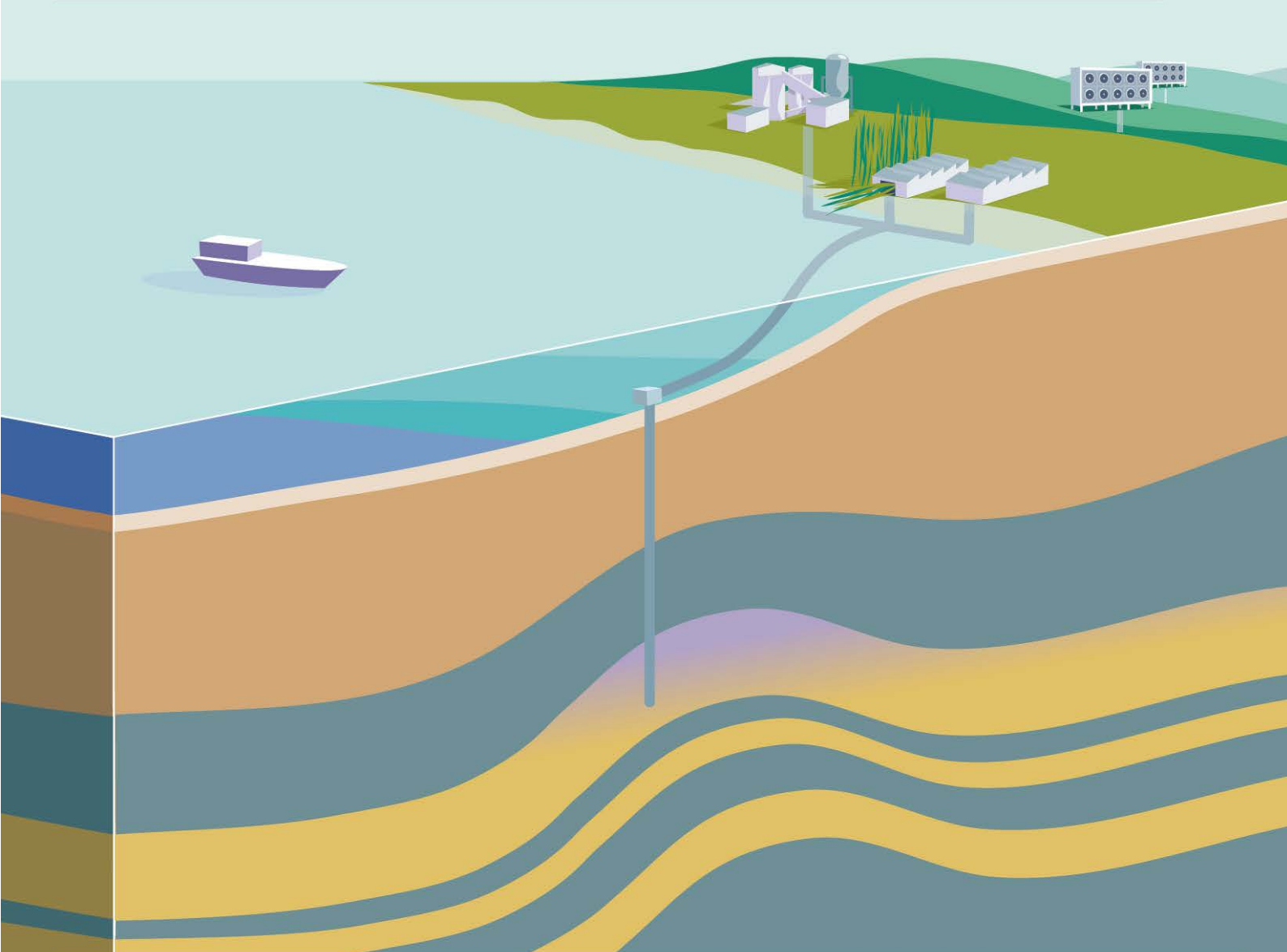




GEOSTOR – Submarine Kohlendioxid-Speicherung
in geologischen Formationen der deutschen Nordsee

Bericht zum Workshop: Geologische Speicherung von Kohlendioxid in der deutschen Nordsee – Mögliche Elemente einer Umweltverträglichkeitsprüfung

24. November 2025 // veröffentlicht am 8. Mai 2026



Gefördert durch:



Impressum

Herausgeber

Klaus Wallmann, Koordinator des GEOSTOR-Forschungsverbundes GEOMAR
Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel // Wischhofstr. 1 – 3 // 24148 Kiel // April 2026

Autor*innen

Wallmann, K., Proelß, A., Löschke, S., Kossel, E., Sswat, M., Hamann, K.

Layout und Gestaltung

Rita Erven

Diese Publikation ist folgendermaßen zu zitieren

Wallmann, K. und das GEOSTOR-Konsortium (2026): Bericht zum Workshop:
Geologische Speicherung von Kohlendioxid in der deutschen Nordsee – Mögliche Elemente
einer Umweltverträglichkeitsprüfung, pp. 1-39, DOI 10.3289/CDRmare.61

Inhalt

Inhalt	3
Abkürzungsverzeichnis	4
1. Hintergrund und Ziele des Workshops	5
2. Teilnehmende	6
3. Zusammenfassung der Eingangsvorträge.....	7
3.1 UVP auf See: Rechtlicher Rahmen.....	7
3.2 CO ₂ -Speicherung unter der Deutschen Nordsee: Umweltauswirkungen	9
4. Mögliche Inhalte der UVP nach UVPG und KSpTG.....	11
5. Berichte aus der Gruppenarbeit 1	13
5.1 Gruppe 1: Leckagen (Tabelle 3)	14
5.2 Gruppe 2: Erdbeben, Meeresbodenhebung und Lärm (Tabelle 4).....	16
5.3 Gruppe 3: Weitere Ereignisse und Auswirkungen (Tabelle 5)	19
6. Berichte aus der Gruppenarbeit 2	22
6.1 Gruppe 1.....	23
6.2 Gruppe 2.....	26
6.3 Gruppe 3.....	27
7. Bewertung/Zusammenfassung	29
8. Ausblick	32
Anhang	33
Tabelle 3: Leckagen.....	33
Tabelle 4: Erdbeben, Meeresbodenhebung und Lärm	35
Tabelle 5: Weitere Ereignisse und Auswirkungen.....	37

Abkürzungsverzeichnis

A	Schwere der Auswirkungen
AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
BVEG	Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V.
CDRmare	Forschungsmission der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) »Marine Kohlenstoffspeicher als Weg zur Dekarbonisierung«
CO ₂	Kohlendioxid
DGMK	Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für nachhaltige Energieträger, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e.V.
EMPG	ExxonMobil Production Deutschland GmbH
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
GEOMAR	GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
GEOSTOR	Verbund der Forschungsmission CDRmare „GEOSTOR II: Submarine Koh- lendioxid-Speicherung in Geologischen Formationen der Deutschen Nord- see“
KSpTG	Gesetz zur dauerhaften Speicherung und zum Transport von Kohlendioxid
LfN	Landesamt für Naturschutz
MEKUN SH	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein
MPAs	Marine Protected Areas (marine Schutzgebiete)
NABU	Naturschutzbund Deutschland
U	Unsicherheiten bei der Bewertung
UBA	Umweltbundesamt
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
W	Wahrscheinlichkeit

1. Hintergrund und Ziele des Workshops

Seit Sommer 2021 untersucht das GEOSTOR-Projekt die geologische Speicherung von Kohlendioxid (CO₂) unter der deutschen Nordsee. Dabei werden nicht nur die Speicherpotentiale, sondern auch die möglichen Umweltrisiken umfassend analysiert. Die wesentlichen Projektergebnisse wurden in einem Bericht zusammengefasst, der im Jahr 2025 auf der GEOSTOR-Webpage veröffentlicht wurde (DOI 10.3289/CDRmare.49). In den kommenden Jahren werden wahrscheinlich die ersten kommerziellen CO₂-Speicherprojekte in der deutschen Nordsee realisiert. Auf Basis einer vorgeschalteten Erkundungsphase und der Vorarbeiten im GEOSTOR-Projekt, sollen dabei die möglichen Risiken bewertet und so weit wie möglich minimiert werden.

Laut dem aktuellen Gesetz zur dauerhaften Speicherung und zum Transport von Kohlendioxid (KSpTG) bedürfen die Errichtung und der Betrieb eines Kohlendioxidspeichers einer vorherigen Planfeststellung durch die zuständige Behörde. Der Antragsteller muss hierfür unter anderem einen Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) erstellen, da nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) für die „Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Kohlendioxidspeichern“ eine UVP durchzuführen ist (vgl. § 6 i. V. m. Ziff. 15.2 der Anlage 1 UVPG).

Bevor die eigentliche UVP durchgeführt wird, wird zunächst im Austausch zwischen der zuständigen Behörde und dem Vorhabenträger festgelegt, welche Inhalte, welchen Umfang und welche Detailtiefe die UVP voraussichtlich haben soll (vgl. § 15 UVPG). Dabei kann die zuständige Behörde Sachverständige, weitere Behörden (z. B. UBA, BfN, BGR, BSH, LfN), Umweltvereinigungen sowie sonstige Dritte hinzuziehen.

Im Rahmen der zweiten Projektphase wird der GEOSTOR-Forschungsverbund eine Scoping-Studie für eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im GEOSTOR-Arbeitsgebiet A erarbeiten. Dieses Gebiet A wurde im GEOSTOR-Projekt als ein möglicher Standort für die CO₂-Speicherung untersucht. Es liegt in circa 100 Kilometer Entfernung zur Niedersächsischen Küste. Dort könnten große CO₂-Mengen in einer Buntsandsteinschicht in etwa zwei Kilometern Tiefe unter dem Meeresboden gespeichert werden. Ziel der Studie ist es, die Umweltverträglichkeit der Speichererkundung und des Speicherbetriebs zu untersuchen. Die Umweltaspekte des CO₂-Transports per Schiff und/oder Pipeline werden dabei nicht berücksichtigt, da die damit verbundenen Risiken im Projekt GEOSTOR nicht untersucht wurden.

Die Scoping-Studie soll bis spätestens Juli 2027 fertiggestellt werden. Auf Grundlage der im Projekt erhobenen Daten sowie externer Expertise soll darin definiert werden, welche potenziellen Umweltauswirkungen im Gebiet A besonders relevant sind und daher in einer späteren UVP umfassend und mit großer Detailtiefe bewertet werden müssen. Ziel ist es, eine wissenschaftsbasierte Grundlage zu erarbeiten, die von der zuständigen Behörde bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens berücksichtigt werden kann.

Vor diesem Hintergrund wurde am 24. November 2025 ein UVP-Workshop am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel durchgeführt. Dieser diente dazu, gemeinsam mit Expert:innen potenzielle Umweltauswirkungen zu identifizieren, zu bewerten und hinsichtlich ihrer Relevanz für eine spätere Umweltverträglichkeitsprüfung zu priorisieren. Die Teilnehmenden kamen

aus den Projektbeiräten (GEOSTOR-Beirat, CDRmare Expert*innen Forum), den zuständigen Behörden und Umweltverbänden sowie aus Industrie und Wissenschaft (Kap. 2).

Der Tag gliederte sich in einen Einführungsteil und zwei Gruppenarbeitsphasen. In den Einführungsvorträgen wurden zunächst der rechtliche Rahmen für eine UVP in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) vorgestellt sowie der Stand der Forschung zu den Umweltauswirkungen der CO₂-Speicherung im GEOSTOR- Gebiet A erläutert (Kap. 3). Anschließend wurden die Teilnehmenden in drei Gruppen aufgeteilt.

Auf Basis der Vorgaben im UVPG (Tabelle 1) und KSpTG (Tabelle 2) wurde von der GEOSTOR-Leitung zur Vorbereitung des Workshops eine umfassende Liste der möglichen Ereignisse und Auswirkungen erarbeitet und diese in drei Tabellen gegliedert (Tabelle 3 – 5, siehe Anhang). Jede Gruppe bearbeitete eine dieser drei Tabellen und bewertete dabei die Auswirkungen nach den Kriterien: Eintrittswahrscheinlichkeit (W), Schadensausmaß (A) und Unsicherheit bei der Bewertung der Auswirkungen (U).

Anschließend wurden die Ergebnisse der Gruppenarbeit im Plenum vorgestellt und diskutiert (Kap. 5). In einer zweiten Runde diskutierten drei neu zusammengesetzte Arbeitsgruppen, welche der Ereignisse und Auswirkungen sie als besonders relevant einschätzen, so dass diese in einer späteren UVP mit besonders hoher Detailtiefe untersucht werden sollten (Kap. 6). Abschließend wurden die Ergebnisse im Plenum vorgestellt und diskutiert.

2. Teilnehmende

	Name	Affiliation
1	Sebastian Bauer	GEOSTOR/Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
2	Frank Bachmann	BioConsult GmbH & Co. KG
3	Johanna Brandtner	Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG)
4	Anne-Mette Cheese	Equinor ASA
5	Christian Deusner	GEOSTOR/GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
6	Ulrike Döring	Umweltbundesamt
7	Vanessa Fromme	GEOSTOR/Senckenberg am Meer
8	Andreas Grobler	Shell Deutschland GmbH
9	Matthias Haeckel	GEOSTOR/GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
10	Kristin Hamann	GEOSTOR/GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
11	Elke Kossel	GEOSTOR/GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
12	Ingrid Kröncke	GEOSTOR/Senckenberg am Meer
13	Jan Wilhelm Lillie	Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG)
14	Fabian Liss	Bellona Deutschland gGmbH

	Name	Affiliation
15	Sina Löschke	CDRmare
16	Martin Machnow	EMPG – ExxonMobil Production Deutschland GmbH
17	Julia Nitsche	Bundesamt für Naturschutz
18	Peter Probst	Harbour Energy
19	Alexander Proelß	CDRmare/Universität Hamburg
20	Fabian Reith	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig- (MEKUN SH)
21	Sabine Rosenbaum	Landesamt für Umwelt
22	Johannes Schoenherr	EMPG – ExxonMobil Production Deutschland GmbH
23	Peter Solluntsch	Bundesamt für Naturschutz
24	Joris Spindler	Umweltbundesamt
25	Michael Sswat	CDRmare
26	Bianka Stegemerten	DGMK – Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für nachhaltige Energieträger, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e. V. EMPG – ExxonMobil Production Deutschland GmbH
27	Julia Throm	BioConsult GmbH & Co. KG
28	Lars van der Veer	Harbour Energy
29	Klaus Wallmann	GEOSTOR/GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
30	Christian Weidle	GEOSTOR/Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
31	Frank Wuttke	GEOSTOR/Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

3. Zusammenfassung der Eingangsvorträge

3.1 UVP auf See: Rechtlicher Rahmen

Autor: Prof. Dr. A. Proelß, Universität Hamburg

Im Vortrag wurde der rechtliche Rahmen vorgestellt, der bei der Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) für Speichervorhaben in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) zu beachten ist. Die UVP wurde dabei als zentrales Instrument eines integrativen und vorsorgenden Umweltschutzes eingeordnet, das dazu dient, die voraussichtlichen Umweltauswirkungen eines Vorhabens frühzeitig zu ermitteln und in die Zulassungsentscheidung einzubeziehen.

Die rechtliche Pflicht zur Durchführung einer UVP geht maßgeblich auf Vorgaben des europäischen Unionsrechts, insbesondere die sog. UVP-Richtlinie 85/337/EWG, zurück und wurde im deutschen Recht mit dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) umgesetzt. Infolge von Änderungen der rechtlichen Vorgaben auf Unionsebene musste auch das deutsche UVPG wiederholt angepasst werden. Nach § 4 UVPG ist die UVP ein unselbstständiger Teil verwaltungsbehördlicher

Zulassungsverfahren („Huckepack-Verfahren“); die Pflicht zur Durchführung einer UVP wird daher grundsätzlich durch den Antrag auf eine behördliche Zulassungsentscheidung ausgelöst. Maßgeblich für die UVP-Pflicht sind die §§ 6–14 sowie die Anlage 1 zum UVPG. Das KSpTG sieht keine Ausnahmetatbestände vor.

Für Vorhaben der CO₂-Speicherung ist zwischen verschiedenen Tatbeständen zu differenzieren: Während nach § 6 i. V. m. Ziff. 15.2 der Anlage 1 UVPG für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung von Kohlendioxidspeichern zwingend eine UVP durchzuführen ist, gilt bei anderen, vorgelagerten oder mit der Speicherung verbundenen Vorhaben (das UVPG verweist in Ziff. 10.2 der Anlage 1 UVPG auf die „Errichtung und [den] Betrieb einer Anlage zur Abscheidung von Kohlendioxid zur dauerhaften Speicherung“) folgendes: Die Zulassung einer solchen Anlage setzt zwingend eine UVP voraus, wenn (i) die Anlage, aus der gespeichert werden soll, selbst nach Spalte 1 UVP-pflichtig ist, oder (ii) die Anlage eine Abscheidungsleistung von 1,5 Mio. t CO₂ oder mehr pro Jahr hat. Bei Anlagen mit einer Abscheidungsleistung von weniger als 1,5 Mio. t pro Jahr ist eine Vorprüfung („Screening“) erforderlich; sie führt im Falle des § 7 Abs. 1 Satz 3 UVPG dazu, dass eine UVP durchgeführt werden muss.

Für die bloße Erkundung von Speicherstätten, die nach § 7 KSpTG eine sog. Untersuchungsgenehmigung voraussetzt, besteht demgegenüber keine UVP-Pflicht. Gewisser rechtlicher Unsicherheiten zum Trotz ergibt sich dies daraus, dass das UVPG in seiner Anlage 1 nur auf die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung von Kohlendioxidspeichern abstellt, nicht aber auf die Untersuchung des Untergrundes auf seine Eignung zur Errichtung von Kohlendioxidspeichern. § 8 KSpTG statuiert besondere Verfahrens- und Formvorschriften, ohne auf eine UVP-Pflicht Bezug zu nehmen. Da die Untersuchungsgenehmigung eine separate behördliche Zulassungsentscheidung ist, handelt es sich bei der Untersuchung des Untergrundes auf seine Eignung zur Errichtung von Kohlendioxidspeichern wohl auch nicht um ein Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben i.S.v. § 14 UVPG.

UVP-Pflichtig sind nach Ziff. 19.10 der Anlage 1 UVPG schließlich auch die Errichtung und der Betrieb einer Kohlendioxidleitung im Sinne des KSpTG, wenn die Pipeline eine Länge von mehr als 40 km und einem Durchmesser von mehr als 800 mm hat. Andernfalls kann eine Vorprüfung erforderlich sein. Ziff. 19.10 der Anlage 1 UVPG erfasst dabei alle Kohlendioxidleitungen, nicht nur solche, die zu Kohlendioxidspeichern führen.

Ein besonderes Problem stellt die Anwendbarkeit des UVPG auf Vorhaben in der AWZ und auf dem Festlandsockel dar, da es im UVPG insoweit an einer allgemeinen Erstreckungsregelung fehlt. Gleichwohl sprechen systematische Erwägungen – das UVPG verweist vereinzelt auf seebezogene Aktivitäten und in Ziff. 13.2.2 der Anlage 1 auch auf die AWZ, das KSpTG auf seine Anwendbarkeit auf die AWZ und den Festlandsockel (vgl. § 2 Abs. 2 und 3) – dafür, dass das UVPG auch auf entsprechende Vorhaben Anwendung findet.

Der Ablauf der UVP richtet sich nach den allgemeinen Vorgaben des UVPG und gliedert sich in mehrere Schritte: Zunächst wird zwischen Vorhabenträger und zuständiger Behörde der Untersuchungsrahmen festgelegt (Scoping, § 15 UVPG). Sodann legt der Vorhabenträger einen UVP-Bericht vor, der die voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens darstellt (§ 16 UVPG). Die Rolle der Behörde ist hier also primär nachvollziehender Art (und verkörpert damit eine gewisse Abweichung von § 24 VwVfG). Anschließend erfolgt die Beteiligung weiterer Behörden sowie der Öffentlichkeit

(§§ 17 ff. UVPG), wobei auch Umweltvereinigungen einbezogen werden. Diese Beteiligungspflichten werden durch umfangreiche Unterrichts- und Veröffentlichungspflichten ergänzt. Die betroffene Öffentlichkeit umfasst neben Personen, deren Belange unmittelbar berührt werden, auch Umweltvereinigungen, deren satzungsmäßiger Zweck berührt wird. Im letzten Schritt erarbeitet die zuständige Behörde auf dieser Grundlage eine Zusammenfassung der Umweltauswirkungen (§ 24 UVPG) sowie eine abschließende Bewertung (§ 25 UVPG), die beim Genehmigungsentscheidung zu berücksichtigen ist (§ 25 Abs. 2 UVPG). Fehlt eine erforderliche UVP, oder weist das Verfahren wesentliche Fehler auf, ist die Zulassungsentscheidung rechtswidrig; entsprechende Verfahrensfehler können nach dem Umweltrechtsbehelfsgesetz (UmwRG) auch gerichtlich geltend gemacht werden.

Abschließend wurden im Vortrag Fragen der behördlichen Zuständigkeit behandelt. Für Entscheidungen nach dem KSpTG sind auch im Hinblick auf Speichervorgaben in der AWZ grundsätzlich die nach Landesrecht zuständigen Behörden verantwortlich, vgl. § 39 Abs. 1 Satz 2 KSpTG. Die Zuordnung von Speicherfeldern erfolgt nach dem Äquidistanzprinzip; dies ergibt sich aus dem in § 39 Abs. 1 Satz 3 KSpTG enthaltenen Verweis auf § 137 Absatz 1 Satz 2 des Bundesberggesetzes (BBergG). Bei ländergrenzüberschreitenden Vorhaben kann dies theoretisch zu Mehrfachzuständigkeiten führen, sofern keine Konzentration durch Staatsvertrag erfolgt. In solchen Fällen ist nach § 31 UVPG für sämtliche Fragen der Erforderlichkeit und Durchführung einer UVP eine federführende Behörde zu bestimmen.

3.2 CO₂-Speicherung unter der Deutschen Nordsee: Umweltauswirkungen

Autor: Prof. Dr. K. Wallmann, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Im Vortrag wurden die möglichen Umweltauswirkungen einer CO₂-Speicherung in geologischen Formationen unter der Nordsee vorgestellt. Dabei wurde auf die Forschungsergebnisse aus dem GEOSTOR-Projekt zurückgegriffen, die auf das Gebiet A fokussiert waren. Die GEOSTOR-Arbeiten zu den Umweltauswirkungen wurden in einem Bericht ausführlich dargestellt (Wallmann, K. und das GEOSTOR-Konsortium, 2025: CO₂-Speicherung unter der deutschen Nordsee? Ergebnisse aus drei Jahren Forschung, pp. 1-142, DOI 10.3289/CDRmare.49), der auf der GEOSTOR-Webpage veröffentlicht wurde. Als wesentliche Risiken wurden in diesem Bericht Leckagen, Erdbeben und Lärmemissionen identifiziert.

Leckagen von CO₂ entlang von Altbohrungen und Störungen könnten zu einer Versauerung des Bodenwassers und der Sedimente führen, durch die Lebewesen geschädigt werden, die am Meeresboden oder in Oberflächensedimenten siedeln. Das Aufsteigen und Austreten von CO₂ wird dabei durch die geringe Dichte des gespeicherten Kohlendioxids und den Druckanstieg im Untergrund angetrieben, der bei der CO₂-Verpressung entsteht.

Bei möglichen Leckageraten von bis zu 50 Tonnen CO₂ pro Jahr wäre die Fläche am Meeresboden, auf der Schäden auftreten, relativ gering (maximal 100 Quadratmeter). Dies ist auf die starken Tideströmungen in der Nordsee zurückzuführen, die zu einer raschen Durchmischung von Bodenwasser-massen führen. Leckagen von natürlich vorkommendem Methan (Erdgas) sind im Gebiet A und in weiten Teilen der deutschen AWZ unwahrscheinlich, da es dort keine größeren Erdgasvorkommen im Untergrund gibt.

Bei der CO₂-Verpressung wird Formationswasser aus der Speicherformation verdrängt. Da dieses Wasser eine hohe Dichte hat, wird es sich lateral im Buntsandstein ausbreiten und nur sehr langsam vertikal aufsteigen, so dass nur geringe Leckagen am Meeresboden zu erwarten sind. Das wesentliche Risiko besteht also darin, dass CO₂ entlang von Altbohrungen und Störungen aufsteigt, die bis in die Speicherformation reichen, und am Ende aus dem Meeresboden austritt.

Erdbeben können bei der Speicherung induziert werden, wenn der Druckanstieg im Untergrund zu einer Aktivierung von Störungen führt. Die Arbeiten im Gebiet A lassen vermuten, dass die Magnitude von Erdbeben, die durch diese Gesteinsbewegungen entstehen, bei maximal 2 liegt. Windkraftanlagen und andere Infrastrukturen im Umfeld würden durch diese Erdbeben nicht geschädigt. Es besteht allerdings weiterer Forschungsbedarf, um die möglichen Magnituden für verschiedene Druckanstiege genauer einzugrenzen.

Lärm entsteht vor allem bei seismischen Untersuchungen, die notwendig sind, um die Speicher zu erkunden und zu überwachen. Die Arbeiten im GEOSTOR-Projekt haben gezeigt, dass Schweinswale ein Gebiet, in dem aktive seismische Messungen vorgenommen werden, im Umkreis von 8 Kilometern zur seismischen Quelle meiden. Sowie die Messungen jedoch abgeschlossen sind, kehren Schweinswale in das Gebiet zurück. Der seismische Lärm führt also zu einem temporären Verlust an Lebensraum. Ob der Lärm zu Hörverlusten und anderen Schädigungen der Schweinswale führt, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Die gelisteten Umweltauswirkungen können durch eine Reihe von Maßnahmen minimiert werden. Altbohrungen müssen vor Beginn der Speicherung untersucht und zusätzlich abgedichtet werden, falls die vorhandene Zementierung unzureichend ist. Da Leckagen und die Aktivierung von Störungen maßgeblich durch den Druckanstieg bei der CO₂-Verpressung induziert werden, können deren Umweltauswirkungen durch die Festlegung eines geeigneten Druckgrenzwerts verringert werden. Die Auswirkungen von Lärmemissionen werden durch die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben für seismische Untersuchungen weitgehend minimiert.



Klaus Wallmann stellt den Teilnehmenden mögliche Umweltauswirkungen durch CCS in der deutschen Nordsee vor. Foto: Sina Lösckke

4. Mögliche Inhalte der UVP nach UVPG und KSpTG

Im KSpTG werden keine spezifischen Angaben zum Inhalt der UVP gemacht. Stattdessen wird auf das UVPG verwiesen. Umweltprüfungen umfassen nach UVPG, § 3 die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der erheblichen Auswirkungen eines Vorhabens auf die Schutzgüter. Die Schutzgüter sind dabei (UVPG, § 2): 1. Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, 2. Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt, 3. Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft 4. kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie 5. die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Umweltauswirkungen im Sinne des UVPG sind unmittelbare und mittelbare Auswirkungen eines Vorhabens auf die Schutzgüter. Der UVP-Bericht sollte laut § 16 UVPG unter anderem die Umwelt und ihre Bestandteile im Einwirkungsbereich des Vorhabens beschreiben und angeben, welche erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen das Vorhaben haben kann und wie diese vermieden, vermindert oder ausgeglichen werden sollen. Im Anhang 4 zum UVPG werden die für die UVP benötigten Angaben genauer ausgeführt. Eine Auswahl der wesentlichen Punkte ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Angaben und Beschreibungen in der UVP (Anhang 4, UVPG)

Angaben zum Energie- und Rohstoffbedarf und -verbrauch
Angaben zu den natürlichen Ressourcen (insbesondere Fläche, Boden, Wasser, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt), die beansprucht bzw. beeinflusst werden können
Abschätzung der erwarteten Emissionen (z. B. Verunreinigung des Wassers, der Luft, des Bodens und des Untergrunds, Lärm, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlung)
Abschätzung der erwarteten Rückstände und erzeugten Abfälle
Beschreibung vernünftiger Alternativen zum gewählten Vorhaben und Angabe der wesentlichen Gründe für die getroffene Wahl unter Berücksichtigung der jeweiligen Umweltauswirkungen
Beschreibung des aktuellen Zustands der Umwelt und ihrer Bestandteile im Einwirkungsbereich des Vorhabens und eine Übersicht über die voraussichtliche Entwicklung der Umwelt bei Nichtdurchführung des Vorhabens
Beschreibung der möglichen erheblichen Umweltauswirkungen des Vorhabens. Anzugeben sind jeweils die Art, in der Schutzgüter betroffen sind (Menschen, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Flächenverbrauch, Boden, Wasser, Klima, kulturelles Erbe), und die Ursachen der Auswirkungen
Beschreibung der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens
Beschreibung der Merkmale des Vorhabens und seines Standorts, mit denen das Auftreten erheblicher nachteiliger Umweltauswirkungen ausgeschlossen, vermindert, ausgeglichen werden soll
Beschreibung der geplanten Maßnahmen, mit denen das Auftreten erheblicher nachteiliger Umweltauswirkungen ausgeschlossen, vermindert oder ausgeglichen werden soll, sowie geplanter Ersatzmaßnahmen und etwaiger Überwachungsmaßnahmen des Vorhabenträgers
Soweit schwere Unfälle oder Katastrophen zu erwarten sind, soll die Beschreibung, soweit möglich, auch auf vorgesehene Vorsorge- und Notfallmaßnahmen eingehen
Beschreibung der Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete
Beschreibung der Auswirkungen auf besonders geschützte Arten
Beschreibung der Methoden oder Nachweise, die zur Ermittlung der erheblichen Umweltauswirkungen genutzt wurden

Im KSpTG werden für die Speichererkundung umfangreiche Vorgaben gemacht (KSpTG, § 7 mit Anlage 1, Teil 1 und 2). Diese schreiben vor, dass Daten für 3-dimensionale Modelle des Untergrundes erhoben werden müssen, um die Speicherung zu simulieren und dabei auch die Umweltrisiken zu bewerten. Neben der geologischen Eignung werden dabei eine Vielzahl von Umweltaspekten untersucht, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Speichererkundung, die nach KSpTG vor Beginn des Planfeststellungsverfahrens und der UVP durchgeführt wird, bei der anschließenden UVP adressiert werden sollen.

Um die notwendige Expertise bei den beteiligten Behörden aufzubauen, soll laut KSpTG (§ 5) das UBA die Grundlagen für die Bewertung von Umweltauswirkungen erarbeiten, während das BfN die für den Naturschutz relevanten Grundlagen erarbeiten soll (KSpTG, Anlage 1, Teil 1 und 2). Das BSH soll zudem die möglichen Nutzungskonflikte auf Basis der aktuellen Meeresraumplanung analysieren.

Tabelle 2. Umweltrelevante Aspekte, die bei der Erkundung untersucht werden sollen (nach KSpTG)

Charakterisierung des Speichers und der Umgebung
Geotechnische Eigenschaften der Barrierschichten (Durchlässigkeit, Riss- und Sperrdrücke)
Störungen und Bruchsysteme in den Deck- und Barrierschichten
Altbohrungen, die als mögliche Leckagewege dienen könnten
Chemische Zusammensetzung des Formationswassers, inkl. Schadstoffgehalte
Natürliche Seismizität im Speichergebiet (Erdbeben)
Merkmale der umgebenden Gesteinsschichten, die durch die Speicherung von Kohlendioxid in dem Kohlendioxidspeicher beeinträchtigt werden könnten
Topografie und Infrastrukturen in dem Gebiet über dem Kohlendioxidspeicher
Nähe zu wertvollen Umweltgütern (z. B. Naturschutzgebiete)
Tätigkeiten im Umfeld des Speicherkomplexes und mögliche Wechselwirkungen der Kohlendioxidspeicherung mit diesen Tätigkeiten (z. B. Offshore-Windparks, militärische Nutzung)
Verhalten des Speichers bei der CO ₂ -Einbringung
Druck und Temperatur in der Speicherformation als Funktion der Injektionsrate und der gespeicherten Menge an Kohlendioxid im Zeitablauf
Räumliche und vertikale Verbreitung des Kohlendioxids im Lauf der Zeit
Phasenverhalten des Kohlendioxids im Kohlendioxidspeicher (überkritisch, flüssig, gasförmig)
Lösungs- und Mineralisierungsgeschwindigkeit von CO ₂
Veränderung der Formationswasserzusammensetzung durch geochemische Reaktionen zwischen den Gesteinen und dem eingebrachten CO ₂
Verdrängung der ursprünglich vorhandenen Formationsfluide

Verbleib des Kohlendioxids und der verdrängten Formationsfluide, über Jahrzehnte, Jahrhunderte und Jahrtausende
Kohlendioxid-Rückhaltemechanismen und Kohlendioxid-Rückhalteraten einschließlich seitlicher und vertikaler Abdichtungen und Barrieren sowie möglicher Überlaufpunkte
Risiko der Bildung von Rissen im Kohlendioxidspeicher, im Speicherkomplex und den abdichtenden Gesteinsschichten durch z. B. Druckanstieg und geochemische Reaktionen
Risiko des Eintritts von Kohlendioxid in die abdichtenden Deckgesteine
Risiko von Leckagen aus dem Kohlendioxidspeicher, beispielsweise durch unsachgemäß stillgelegte oder unsachgemäß abgedichtete Bohrlöcher
Mögliche Kohlendioxid-Migrationsraten
Mögliche verstärkte seismische Aktivität und mögliche Hebungen der darüberliegenden geologischen Schichten und der Oberfläche
Folgenabschätzung, Risikocharakterisierung und naturschutzfachliche Bewertung
Einfluss von CO ₂ -Leckagen auf Arten, Gemeinschaften und Lebensräume am Meeresboden, im Sediment und in der Wassersäule
Beeinträchtigung von Lebensgemeinschaften durch Formationswasser-Leckagen und Schadstofffreisetzung
Einfluss von sekundären Prozessen (z. B. Sauerstoffverluste) auf die Lebensgemeinschaften
Auswirkungen von Unterwasserlärm und Vibrationen auf benthische und pelagische Organismen (Seismik, Rammarbeiten, Speicherbetrieb)
Visuelle Scheuchwirkungen auf Seevögel durch Erkundung, Errichtung und Betrieb
Auswirkungen auf Biotope durch Flächeninanspruchnahme, Eintrag von Wärme und elektromagnetische Felder
Entwicklung von Maßnahmen zur Minderung von Unterwasserlärm, Vibrationen, Scheuchwirkungen, Wärmeeintrag, elektromagnetischen Feldern, Bohrkleinfreisetzung und Leckagen (Blow-out) an der Injektionsbohrung
Bewertung der kurz- und langfristigen Sicherheit des Kohlendioxidspeichers und der schlimmsten möglichen Umwelt- und Gesundheitsfolgen

5. Berichte aus der Gruppenarbeit 1

Auf Grundlage der Vorgaben im Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (nach UVPG, Anlage 4) sowie im Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (nach KSpTG) wurde zunächst eine umfassende Liste möglicher Ereignisse und Auswirkungen erarbeitet und in drei Tabellen zusammengeführt. Diese Tabellen bildeten die Grundlage für die anschließende Gruppenarbeit.

In der ersten Gruppenarbeitsphase bearbeitete jede Gruppe eine der drei Tabellen und bewertete die aufgeführten Umweltauswirkungen anhand der Kriterien Eintrittswahrscheinlichkeit (W), Schadensausmaß (A) sowie Unsicherheit bei der Bewertung der Umweltauswirkungen (U). Für jedes Krite-

rium wurden Punkte von 1 (gering) bis 5 (hoch) vergeben. Die Gruppen hatten zudem die Möglichkeit, zusätzliche Ereignisse und Auswirkungen zu identifizieren und zu bewerten, die in den Tabellen noch nicht aufgeführt waren.

Im Folgenden werden die Diskussionen in den drei Arbeitsgruppen zusammenfassend dargestellt. Die von den Gruppen ausgefüllten und überarbeiteten Tabellen sind im Anhang aufgeführt (Tabellen 3-5).

5.1 Gruppe 1: Leckagen (Tabelle 3)

Autor: Dr. Michael Sswat (GEOMAR)

Die Gruppe von 10 Personen (später 9 Personen) bewertete verschiedene potenzielle Auswirkungen von Leckage-Ereignisse im Zusammenhang mit der CO₂-Speicherung hinsichtlich Wahrscheinlichkeit (W), Ausmaß der Auswirkungen (A) und Unsicherheiten (U). Dabei stand am Anfang die Frage im Raum, worauf die Wahrscheinlichkeit zu beziehen ist – auf die kulminierte Ereigniskette oder nur auf die Auswirkung nach Eintreten des Ereignisses. Am Ende wurde beschlossen, die kombinierte Wahrscheinlichkeit zu benutzen, also wie wahrscheinlich es ist, dass das Ereignis und die Auswirkung zusammen auftreten.

Insgesamt zeigte sich, dass die Einschätzungen stark von der Art des Leckagepfads (Altbohrungen vs. Störungszonen) abhängen und daher in Zukunft einzeln betrachtet werden sollten. Die Gruppe betonte immer wieder, dass viele Bewertungen noch hohe Unsicherheiten aufweisen – oft aufgrund begrenzter Daten aus der deutschen Nordsee, aufgrund unterschiedlicher Ergebnisse aus dem Labor und Feld, vor allem in Bezug auf das Formationswasser und enthaltene Schadstoffe sowie aufgrund von Langzeitprozessen. Die großflächigen Auswirkungen wurden meist als eher unwahrscheinlich eingestuft, vor allem wegen hydrodynamischer Bedingungen (starke Strömung im Gebiet). Auch wurde von einem Teilnehmenden angemerkt, dass der Begriff Blow-out in der Industrie anders verwendet wird und bei dieser Bewertung irreführend wäre. Ein Blow-Out kann bei der Kohlenwasserstoff-Förderung auftreten, wenn der Druck in der Lagerstätte falsch eingeschätzt wurde. Ein Blow-Out kann in diesem Sinne bei der CO₂-Speicherung weitgehend ausgeschlossen werden, da der Druckanstieg kontinuierlich überwacht wird. Daher sollte das Szenario eher als „schweres Ereignis“ bezeichnet werden. Ein weiterer Teilnehmer, vertrat die Auffassung, dass auch mit einer Drucküberwachung das Auftreten von Blow-outs nicht komplett ausgeschlossen werden kann.

Im Detail wurden die Auswirkungen der Ereignisse wie folgt bewertet: CO₂-Leckagen wurden in Bezug auf ihre lokalen und großflächigen Auswirkungen bewertet. Für lokale Versauerungen von Sedimenten und Bodenwasser wurde die Wahrscheinlichkeit überwiegend als mittelhoch eingeschätzt, wobei die Schwere der Auswirkungen als moderat und die Unsicherheit als hoch bewertet wurden. Es wurde betont, dass unklar ist, ob Leckagen episodisch oder dauerhaft auftreten würden und dass der Vergleich zwischen Altbohrungen und Störungszonen schwierig ist. Großflächige Versauerungen wurden hingegen als deutlich weniger wahrscheinlich angesehen, obwohl sie im Falle eines Auftretens schwerwiegender sein könnten. Vor allem an Altbohrungen gelten solche Effekte wegen starker Strömungen im Gebiet als unwahrscheinlich. Auch die Freisetzung von CO₂ in die Atmosphäre wurde diskutiert. Die Wahrscheinlichkeit wurde eher im mittleren Bereich gesehen, die Auswirkungen jedoch als gering eingeschätzt, wobei die Bewertung stark von der Wassertiefe und der Durchmischung des Wassers abhängt.

Beim Thema Formationswasser-Leckagen variierte die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit zwischen niedrig und mittel. Lokale Versalzungseffekte wurden als möglich eingestuft, während eine großflächige Versalzung als eher unwahrscheinlich gilt. Die Auswirkungen wurden sehr unterschiedlich bewertet, teilweise als minimal, teilweise als stark – je nach Szenario. Die Unsicherheiten waren hoch, insbesondere weil das Formationswasser im GEOSTOR-Gebiet A noch nicht beprobt wurde und die verfügbaren Vergleichsdaten aus Großbritannien und Norwegen nur begrenzt übertragbar sind. Auch der mögliche Eintrag von Schadstoffen durch Formationswasser wurde diskutiert. Sowohl lokale als auch großflächige Auswirkungen wurden als grundsätzlich denkbar eingestuft, wobei die Schwere der Auswirkungen vor allem im lokalen Bereich teilweise als hoch bewertet wurde. Die Unsicherheiten sind jedoch sehr groß, weil die chemische Zusammensetzung des Formationswassers nicht bekannt ist.

Methan-Leckagen wurden ebenfalls thematisiert. Für lokale Sauerstoffverluste in Sedimenten und Bodenwasser wurde die Wahrscheinlichkeit als gering eingeschätzt, die Schwere der Auswirkungen jedoch als moderat. Ähnliches gilt für großflächige Sauerstoffverluste, die ebenfalls als wenig wahrscheinlich angesehen wurden. Die Gruppe diskutierte insbesondere die Frage, wie stark der potenzielle Sauerstoffverlust tatsächlich wäre. Die Freisetzung von Methan in die Atmosphäre wurde als eher unwahrscheinlich und mit geringen Auswirkungen bewertet, wobei die Unsicherheiten im mittleren Bereich lagen.

Besonders beachtet wurde das Szenario eines schweren Unfalls in Form eines Blow-outs durch Druckanstieg. Obwohl die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses als sehr gering eingeschätzt wurde, wurden die Auswirkungen als sehr gravierend bewertet. Das Spektrum reicht von großflächigen Versauerungseffekten über massive CO₂-Freisetzungen bis hin zu potenziellen Schäden an Biotopen, Personal und Klima. Die Unsicherheiten sind auch hier beträchtlich, da unklar ist, wie ein solches Ereignis genau verlaufen würde. Das Monitoring würde Druckanstiege vermutlich frühzeitig erkennen, dennoch wurde von einem Teilnehmenden angemerkt, dass nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, dass es zu einem Blow-out kommt. Von einem anderen Teilnehmer wurde empfohlen, den Begriff „Blow-out“ in der Kommunikation zu vermeiden, da er dramatische Assoziationen weckt und missverständlich sein kann.

Insgesamt zeigte die Gruppenarbeit, dass großflächige Auswirkungen in den meisten Szenarien als eher unwahrscheinlich eingestuft werden, während lokale Effekte sowohl bei CO₂- als auch bei Formationswasser- und Methan-Leckagen potenziell relevant sind. Die Spannweite der Einschätzungen innerhalb der Gruppe verdeutlichte unterschiedliche Blickwinkel und die teilweise unzureichende Datenbasis. Ein zentrales Ergebnis besteht daher in der Feststellung, dass weitere Datenerhebungen, insbesondere zur Chemie des Formationswassers und zum Verhalten möglicher Leckagepfade, wichtig sind, um zukünftige Bewertungen präziser vornehmen zu können.



Gruppe 1 in der Diskussion. Foto: Sina Löscke

5.2 Gruppe 2: Erdbeben, Meeresbodenhebung und Lärm (Tabelle 4)

Autorin: Dr. Elke Kossel (GEOMAR)

Die Diskussion in Gruppe 2 kann als produktiv beschrieben werden. Die Gruppengröße von 9 Personen ermöglichte es, alle Teilnehmenden in die Diskussion einzubinden und das Gespräch relativ frei laufen zu lassen. Nur in seltenen Fällen wurde eine Diskussion aus Zeitgründen abgebrochen, und dies konnte auf Fälle beschränkt werden, in denen die Diskussion bereits stagnierte.

Die Gruppe hat sich dafür entschieden, die Unsicherheit für die Wahrscheinlichkeit und die Schwere der Auswirkung getrennt zu bestimmen. Das heißt, es wurden für jeden Punkt in der Tabelle vier Zahlenwerte bestimmt, statt der vorgesehenen drei Zahlenwerte. Des Weiteren gab es Diskussionsbedarf, für welchen Fall die Auswirkungen und Wahrscheinlichkeiten zu bestimmen sind: Für ein Szenario, in dem ein Operator die üblicherweise geforderten und technisch möglichen Mitigationsmaßnahmen bereits befolgt, oder für ein Worst-Case-Szenario. Es wurde beschlossen, dass die Bewertungen unter der Prämisse erfolgen, dass Standard-Mitigationsmaßnahmen bereits implementiert sind. Dazu gehören zum Beispiel Blasenschleier während der Bohrung oder der Einsatz von Walbeobachtern während eines seismischen Surveys. Für viele Prozeduren, wie zum Beispiel seismische Surveys, gibt es bereits strikte gesetzliche Vorgaben und es kann davon ausgegangen werden, dass diese von einem Operator umgesetzt werden.

Die meisten Zahlenwerte in der Tabelle spiegeln entweder eine einstimmige Meinung der Gruppe wider oder den von der Mehrheit angegebenen Wert, wenn es maximal zwei Abweichungen gab und der Betrag der Abweichung jeweils 1 war. Die Personen mit der abweichenden Einschätzung wurden gefragt, ob sie mit dem Mehrheitswert einverstanden wären oder ob ihre Meinung als Einzelmeinung

neben der Mehrheitsmeinung vermerkt werden sollte. Wenn dies gewünscht war, ist es in der Tabelle vermerkt. Bei ungefähr gleicher Verteilung zweier benachbarter Zahlenwerte sind beide Werte als Bereich angegeben (z. B. 1-2). Bei stärkeren Abweichungen in der Einschätzung wurde kein Zahlenwert in die Tabelle aufgenommen, sondern das Ergebnis der Abstimmung in den Kommentaren vermerkt.

Die Wahrscheinlichkeiten, Auswirkungen und Unsicherheiten induzierter Erdbeben und einer Anhebung des Meeresbodens wurden generell als eher gering betrachtet und im Bereich 1-2 bewertet. Zwei Ereignisse, die Schädigung von Gebäuden und Infrastrukturen an Land und die Auslösung von Tsunamis, wurden für das Gebiet A als nicht möglich eingestuft. Da für diese Einschätzung keine Option vorhanden war, wurde das Ausmaß eines möglichen Schadens durch Tsunamis nicht weiter bewertet, weil die potenziell hohe Zerstörungskraft eines Tsunamis als irrelevant für ein nicht mögliches Ereignis betrachtet wurde. Zur Unsicherheit der Wahrscheinlichkeit der Schädigung von Offshore-Infrastruktur gab es eine abweichende Einzelmeinung, die diese als 3 einschätzte. Zudem gab es einen Einwurf, dass die mögliche Induzierung seismischer Aktivität höher bewertet werden könnte als die in der Tabelle eingetragene 1.

Zu induzierten Erdbeben wurde bemerkt, dass die Schwinggeschwindigkeit des Bodens der entscheidende Faktor für das Auftreten von Schäden ist. Eine schädliche Schwinggeschwindigkeit wird ab Magnitude 3 erwartet. Hebungen des Meeresbodens sind nicht relevant, wenn sie gleichmäßig erfolgen. Wie eine erwartbare Hebung aussehen könnte, ist unbekannt, da nach Kenntnis der Gruppe im Unterwasserbereich keine Messungen vorliegen. Für beide Prozesse kann jedoch mit relativ geringer Unsicherheit angenommen werden, dass ihr Ausmaß maximal in der Größenordnung natürlicher Erdbeben und natürlich verursachter Veränderungen des Meeresbodens liegt. Auf diese Auswirkungen ist die Offshore-Infrastruktur bereits ausgelegt. Pipelines wurden als zusätzlich zu betrachtendes Element zur Offshore-Infrastruktur hinzugefügt. Die Risikobewertung für Pipelines wurde aber nicht anders eingeschätzt als für die übrige Infrastruktur.

Ein weiterer Diskussionspunkt war, ob potenziell vorhandene Altmunition in einer UVP zu berücksichtigen ist. Hierzu konnte keine klare Meinung herausgearbeitet werden, in welcher Form dies geschehen sollte. Im Nachgang des Workshops wurde hierzu eine ergänzende fachliche Anmerkung des Umweltbundesamtes übermittelt (siehe Infokasten).

Infokasten 1: Berücksichtigung von Altmunition in einer UVP. Anmerkung des UBA.

Nach Prüfung ist eine Berücksichtigung von möglicher Altmunition rechtlich zwingend erforderlich. Im Einzelnen ergibt sich das aus dem Zusammenspiel von Planfeststellungsrecht nach dem Kohlendioxidspeicherung und Transportgesetz (KSpTG) und den Anforderungen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP):

1. Planfeststellung nach KSpTG

Für die Errichtung und den Betrieb von Kohlendioxidspeichern ist nach § 11 KSpTG ein Planfeststellungsverfahren erforderlich. Im Rahmen der Zulassungsentscheidung dürfen nach § 13 Abs. 1 KSpTG insbesondere

- keine Gefahren für Mensch und Umwelt hervorgerufen werden und
- es muss Vorsorge gegen Beeinträchtigungen getroffen werden.

Diese Anforderungen sind weit zu verstehen und erfassen sämtliche relevanten Risiken im Untergrund. Munition im Meer stellt dabei sowohl ein Sicherheitsrisiko (z. B. bei Bau- und Injektionsmaßnahmen) als auch ein umweltrechtlich relevantes Gefahrenpotenzial dar.

2. Einbindung der Umweltverträglichkeitsprüfung

Nach § 12 Abs. 2 KSpTG sind die nach dem UVPG erforderlichen Unterlagen Bestandteil des Planfeststellungsantrags. Die Ergebnisse der UVP sind gemäß § 13 Abs. 1 KSpTG in der Entscheidung ausdrücklich zu berücksichtigen.

Nach § 2 Abs. 1 UVPG sind sämtliche erheblichen Umweltauswirkungen eines Vorhabens zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten, insbesondere in Bezug auf Boden, Wasser, biologische Vielfalt sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Schutzgütern.

Munitionsversenkungsgebiete sind dabei als Teil des bestehenden Umweltzustands (Baseline) und zugleich potenzielle Quelle erheblicher Umweltauswirkungen (z. B. Freisetzung von Schadstoffen oder Wechselwirkungen mit CO₂-Injektion).

3. Konsequenz für die Planung

Munitionsbelastete Gebiete müssen bereits bei der Standortwahl berücksichtigt werden, (2) ihre Risiken sind im Rahmen der UVP zu bewerten, (3) sie sind in die Abwägung im Planfeststellungsverfahren einzustellen.

Eine Nichtberücksichtigung würde regelmäßig einen Verfahrensfehler darstellen und könnte zur Rechtswidrigkeit der Planfeststellung führen.

Munitionsversenkungsgebiete sind demnach rechtlich zwingend zu berücksichtigen – sowohl im Rahmen der UVP als auch bei der materiellen Abwägung im Planfeststellungsverfahren nach dem KSpTG. Es ist ein UXO-Survey (Kampfmittelsondierung) durchzuführen.

Die Diskussion zu den Folgen von Lärm auf die Meeresumwelt gestaltete sich lebhaft und war weniger einvernehmlich als die Diskussion zu den Punkten induzierte Erdbeben und Meeresbodenanhebung. Die in der Tabelle vorgegebenen Kategorien wurden von der Gruppe als ungenau formuliert betrachtet und die Tabelle wurde entsprechend ergänzt. Zunächst wurde die Schädigung von Meeressäugern differenziert. Hier wurde unterschieden zwischen einer Verletzung oder Tötung der Tiere und einer lokalen Störung, z. B. einer Scheuchwirkung, da die Auswirkungen zu unterschiedlich sind. Diskutiert wurde auch, nach welchem Maßstab die Verletzung oder Tötung von Meeressäugern bewertet werden sollte. Es wurde die Frage aufgebracht, ob das Ausmaß des Schadens für das individuelle Tier oder für die Population zu bewerten sei. Die vorliegende Einschätzung bezieht sich explizit auf den Schaden für die Population. Soll der Schaden für Individuen bewertet werden, muss eine Neubewertung erfolgen, die deutlich schwerere Auswirkungen aufzeigt.

Auch die Auswirkungen von Lärm durch Bohrung und Lärm durch den Speicherbetrieb wurden als zu unterschiedlich betrachtet, um sie gemeinsam bewerten zu können. Hier wurde ebenfalls die Tabelle erweitert. Im Laufe der Diskussion kristallisierte sich dann heraus, dass die Lärmauswirkungen des Speicherbetriebs nicht abgeschätzt werden können, da völlig unklar ist, wie dieser Betrieb genau technisch realisiert werden wird und die möglichen Ausführungen zu unterschiedlich sind. Sicher war sich die Gruppe lediglich, dass die Gefahr der Verletzung und Tötung von Meeressäugern durch den Betriebslärm gering ist. Alle weiteren Auswirkungen wurden für diesen Punkt nicht abgeschätzt.

Für die Lärmauswirkung der Bohrung wurden die Wahrscheinlichkeit und die Schwere der Auswirkung in Bezug auf Tötung und Verletzung von Meeressäugern sowie die Unsicherheit dieser Werte im Bereich 1-2, also als relativ gering eingeschätzt. Die Wahrscheinlichkeit einer lokalen Störung der Meeressäuger wurde hoch eingeschätzt, aber mit geringer Auswirkung auf die Population. Die Unsicherheit der Störungswahrscheinlichkeit wurde dabei von der Gruppe uneinheitlich bewertet.

Bei der Bewertung der Wahrscheinlichkeiten der Schädigung lokaler Organismen hat sich ein uneinheitliches Meinungsbild ergeben, wobei der Kenntnisstand der Gruppe zu diesem Thema generell niedrig war. Dies spiegelt sich auch im Wert 3 für die Unsicherheit wider. Die Schwere der Auswirkung wurde hier niedrig bewertet. Es wurde darauf hingewiesen, dass es aus dem Betrieb von Mittelplate Erfahrungen zur Auswirkung von Lärm gibt und dass dieser aus Betreibersicht kein Problem darstellt. Aufgrund dieser Erfahrungen gab der Betreiber eine Einschätzung von 1 zu Wahrscheinlichkeit, Schwere und Unsicherheit ab.

Die Abschätzungen für die Verletzung oder Tötung von Meeressäugern durch Lärm aus aktiv-seismischen Untersuchungen finden sich im mittleren Bereich der Bewertungsskala, mit einem abweichenden Einzelvotum von 1 für die Unsicherheit der Wahrscheinlichkeit. Für die Wahrscheinlichkeit einer lokalen Störung haben sich zwei verschiedene Meinungen herauskristallisiert:

5 Personen haben diese als sehr hoch (5) bewertet mit einer sehr geringen Unsicherheit (1), während 4 Personen sie im mittleren Bereich (3) mit einer mittelhohen Unsicherheit (3) ansetzen. Bei der Bewertung der Wahrscheinlichkeiten und Schwere der Auswirkungen auf andere lokale Organismen enthielt sich der Großteil der Anwesenden, weil in dieser Gruppe wenig bis keine Informationen zu diesem Thema bekannt waren. Die Werte von 3 sind mit jeweils einer bzw. zwei Stimmen zustande gekommen und wurden mit einer hohen Unsicherheit belegt.

5.3 Gruppe 3: Weitere Ereignisse und Auswirkungen (Tabelle 5)

Autorin: Kristin Hamann (GEOMAR)

In dieser Gruppe beschäftigten sich 6 Personen mit Ereignissen und Auswirkungen, die nicht den Kategorien der Gruppe 1 und 2 zugeordnet werden konnten. Auch in dieser Gruppe wurde zu Beginn diskutiert, worauf Wahrscheinlichkeit (W) zu beziehen sei. Die Gruppe einigte sich darauf, grundsätzlich die kombinierte Wahrscheinlichkeit (Ereignis und Auswirkung treten zusammen auf) zu nutzen und bei deutlicher Abweichung in der Bewertung von Ereignis und Auswirkung dies als Kommentar zu vermerken. Wenn unterschiedliche Einzelmeinungen zu Bewertungen vorlagen, wurden die Ansichten in der Gruppe diskutiert, Positionen in den Kommentaren vermerkt und entweder eine gemeinsame Bewertung gefunden oder eine Skala (Bsp. 4-5) eingetragen. Eine Person aus der Industrie enthielt sich bei der Diskussion und Abstimmung, da der subjektive Kenntnisstand zu den Umweltauswirkungen als zu gering eingeschätzt worden ist.

Nach Vorschlag eines Teilnehmers wurden zwei weitere Ereignisse in die Tabelle aufgenommen und bewertet: Einbringung von Hartsubstrat (Aufbauten am Meeresboden) und Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber dem Klimawandel. Zudem wurden bei dem Ereignis „Gefährdung besonders geschützter Arten“ differenzierte Auswirkungen ergänzt. Insgesamt kritisierte die Gruppe, dass der Begriff „Biotop“ in der Tabelle zu weit gefasst war und nicht die genauere Definition in verschiedenen Gesetzen abbildet.

Insgesamt gab die Gruppe bei fast allen Ereignissen eine geringe Unsicherheit an, da es entweder bereits Gesetze und bekannte Minderungsmaßnahmen für die Auswirkungen gibt, oder sich Kenntnisse aus anderen Bauvorhaben im Meer auf die Verpressung von CO₂ übertragen lassen können. Die Teilnehmenden kamen gemeinsam zu dem Schluss, dass ein konkretes Szenario die Bewertung vereinfacht und verdeutlicht hätte und dass die Bewertungen oft von der Frage abhängen, welches Flächenmaß angenommen wird.

Das erste Ereignis „Bau und Betrieb oberirdischer Anlagen“ weist sechs Auswirkungen auf. Die Gruppe einigte sich darauf, bei diesem Ereignis bei jeder Auswirkung zu ergänzen, um welchen Teil oder welche Art von oberirdischer Anlage es sich handeln kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine visuelle Scheuchwirkung auf Seevögel eintritt, bewertete die Gruppe mit 4 und die Schwere der Auswirkung ebenfalls mit 4. Hierbei wurde bemerkt, dass dies von der Größe und Anzahl der permanenten Standorte abhängt und auch eine mögliche Gewöhnungszeit für Vögel in Betracht kommt. Analog wurde dazu von einem Teilnehmenden vorgeschlagen, auch die Lockwirkung und das Kollisionsrisiko für Seevögel in die Tabelle aufzunehmen und mit den gleichen Einheiten zu bewerten.

Die Auswirkung „Vibration auf lokale Biotope“ wurde intensiv besprochen, da hier nicht nur der Begriff „Biotop“ undifferenziert ist, sondern auch unter allen Teilnehmenden geringe Kenntnisse vorhanden waren (U=4-5). Die Wahrscheinlichkeit eines Eintritts und auch die Möglichkeit von Auswirkungen wurden mit dem mittleren Wert 3 eingeschätzt. Eine mögliche Wärmefreisetzung und deren Auswirkung auf Biotope wurde intensiv diskutiert. Schlussendlich einigten sich die Teilnehmenden darauf, dass eine Wärmefreisetzung über Kabel auftreten kann (W=4), deren Auswirkung dabei zwar deutlich, jedoch kleinräumig auftreten wird (2). Da Kabel bereits für die Stromversorgung oder -transport für andere Bauvorhaben auf See eingesetzt werden, wurde die Unsicherheit mit 1 bewertet.

Eine große Unsicherheit (4) gaben die Teilnehmenden bei dem Ereignis „elektro-magnetische Felder“ an. Eine Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit nahmen die Teilnehmenden nicht vor und schlugen vor, sich hierzu bei UVPs für Windparks zu erkundigen. Gleichzeitig nahmen sie an, dass die Schwere der Auswirkungen relativ hoch eingeschätzt werden könnte. Bei der Inanspruchnahme von Flächen am Meeresboden mit Auswirkung auf lokale Biotope nahm die Gruppe nur Bauvorhaben am Meeresboden an und bewertete die Wahrscheinlichkeit mit 4-5, die Auswirkungen eher gering mit 2 und die Unsicherheit mit 1-2.

Für das Einbringen von Hartsubstrat auf dem Meeresboden wurde die Wahrscheinlichkeit, dass diese die Strömung bzw. Hydrologie beeinflussen, mit 4-5 bewertet. Die Schwere der Auswirkung wurde eher gering (2) bewertet. Die Auswirkungen von Riffbildungen wurden lebhaft hinsichtlich der Frage diskutiert, ob diese einen neuen Lebensraum schaffen oder invasive Arten ansiedeln könnten. Somit wurde die Schwere der Auswirkung mit 1-5 bewertet; die Eintrittswahrscheinlichkeit einheitlich mit 5. Ebenso einigte sich die Gruppe darauf, dass das Einbringen von Hartsubstrat sehr wahrscheinlich eine Auswirkung auf das Sediment hat (W=5) und bewertete die Schwere eher gering mit 2. Diese Bewertung hängt allerdings davon ab, ob die Auswirkungen nur lokal oder im gesamten Gebiet A betrachtet werden. Die Unsicherheit in der Bewertung stufte die Gruppe bei allen Auswirkungen in diesem Ereignis mit 1 ein.

Für das Ereignis „Freisetzung von Rückständen und Abfällen (z. B. Bohrklein)“ unterteilte die Gruppe die Auswirkung „Inanspruchnahme von Flächen und Freisetzung von Schadstoffen mit Auswirkungen auf lokale Biotope“ in Bau- und Betriebsphase. Hinsichtlich der Bauphase hielt die Gruppe fest, dass der Abtransport von Gestein, das bei der Bohrung an die Oberfläche kommt, geregelt werden muss. Unsicher waren die Teilnehmenden, ob und welche Schadstoffe im Gestein sein könnten. Die Eintrittswahrscheinlichkeit und die Schwere der Auswirkungen wurden für die Bauphase mit 4 bewertet. Die Betriebsphase wurde ähnlich wie der Betrieb von Öl- und Gasförderung eingeschätzt. Hier liegt laut Gruppe eine geringe Eintrittswahrscheinlichkeit (1) vor, jedoch eine starke Schwere der Auswirkung (4-5), wenn das Ereignis eintritt. Insgesamt lag die Unsicherheit in der Bewertung bei 1.

Die Beeinträchtigung von Meeresschutzgebieten (inklusive Natura 2000) mit der Auswirkung „Beeinträchtigung von Lebensraumtypen und Anhangsarten“ wurde als zu stark zusammengefasst kritisiert und eine Einzelbewertung für zukünftige Betrachtungen empfohlen. Insbesondere bei Natura 2000 und nach dem Bundesnaturschutzgesetz gibt es Vorgaben für UVPs, die eingehalten werden müssen. Daher war die Unsicherheit in der Bewertung bei 1. Zu diesem Ereignis wurde angemerkt, dass insbesondere die Auswirkungen von Schall beim Monitoring kritisch gesehen werden und daher vermehrt passive Seismik zum Einsatz kommen müsste. Die Gruppe ergänzte zudem, dass eine hohe Schwere der Auswirkung vorliegt (5), wenn die Speicherung von CO₂ in gesetzlich geschützten Biotopen nach § 30 BNatSchG vorgenommen werden würde. Die Wahrscheinlichkeit des Eintritts ist dabei jedoch entsprechend standortabhängig.

Auch bei dem Ereignis „Gefährdung besonders geschützter Arten“ unterteilte die Gruppe das Ereignis „Schädigung besonders geschützter Arten durch Erkundung, Betrieb und Leckage“ in vier Ereignisse, um die Auswirkungen genauer zu definieren und die Relevanz dieses Aspekts zu stärken. Die Gruppe entschied sich, Erkundung aus dem Ereignis zu streichen, da Betrieb und Leckage sich bei dieser Bewertungsmethode eher gemeinsam einordnen lassen und die Erkundung eher geringere Auswirkungen hätte. Für die Bewertung wurde angenommen, dass Arten nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH) betrachtet werden und bekannte Verminderungs- und Schutzmaßnahmen zur Anwendung kommen. Für streng geschützte Arten (kritische Teilmenge) bewertete die Gruppe die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer Verschlechterung des Erhaltungszustands, einer erheblichen Störung, Tötung oder Beschädigung/Zerstörung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten kommt, mit 3. Die Schwere der Auswirkung lag allerdings sehr hoch bei 4-5. Dies wurde insbesondere für die Wirkung von Schall auf Schweinswale angeführt. Für besonders geschützte Arten, schätzte die Gruppe die Wahrscheinlichkeit von erheblicher Störung, Tötung und Beschädigung/Zerstörung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten im Vergleich etwas geringer mit 2 ein. Bei Eintritt ist die Schwere der Auswirkung allerdings mit 4-5 zu bewerten. Die Unsicherheit in der Bewertung lag für die Gruppe gleichsam bei 1.

Die Arbeitsgruppe kam zu dem Ergebnis, dass grenzüberschreitende Effekte, konkret eine mögliche Verringerung der Speicherkapazitäten in Nachbarländern infolge eines Druckanstiegs, nicht dem Gegenstandsbereich einer Umweltverträglichkeitsprüfung zuzuordnen sind, sondern vielmehr bilaterale sowie wirtschaftliche Fragestellungen betreffen. Ungeachtet dessen wurde das Eintreten eines solchen Ereignisses als sehr unwahrscheinlich (1) eingeschätzt. Auch die potenzielle Schwere der Auswirkungen wurde als gering bewertet (2), ebenso wie die bestehende Unsicherheit, die ebenfalls mit 1 eingestuft wurde.

Im Hinblick auf mögliche Auswirkungen der CO₂-Verpressung und -Migration auf die tiefe Biosphäre wurde diskutiert, inwieweit das eingebrachte CO₂ zu Beeinträchtigungen mikrobieller Gemeinschaften (Bakterien und Archaeen) in Speicher- und Deckschichten führen kann. Das Auftreten entsprechender Effekte wurde von der Gruppe als sehr wahrscheinlich eingeschätzt (5). Allerdings wurden keine gravierenden Folgen erwartet, sodass die potenzielle Schwere der Auswirkungen als sehr gering bewertet wurde (1). Die Unsicherheit dieser Einschätzung wurde mit 2 angegeben.

Die Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber dem Klimawandel wurde von der Gruppe hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit, der Schwere der Auswirkung und der Unsicherheit mit 2 bewertet.

6. Berichte aus der Gruppenarbeit 2

In der zweiten Gruppenarbeitsphase bestand die Aufgabe darin, auf Grundlage der drei Tabellen jene Ereignisse und Auswirkungen zu identifizieren, die im Rahmen einer UVP mit größerer Detailtiefe berücksichtigt werden sollten. Da hierfür alle drei Thementabellen zusammen betrachtet werden sollten, wurden die Gruppen neu gemischt. So wurde sichergestellt, dass nicht nur Personen in einer Gruppe waren, die sich mit derselben Tabelle in der ersten Runde beschäftigt haben. Für die Priorisierung erhielten alle Teilnehmenden 10 Klebepunkte, die sie an den Auswirkungen oder Ereignissen der zusammengeführten Tabellen aus der ersten Runde anbringen sollten. Den Teilnehmenden war freigestellt, ob sie alle 10 Klebepunkte nutzen wollten. Pro Ereignis oder Auswirkung durfte nur ein Klebepunkt pro Teilnehmer*in genutzt werden.

Nach der Auszählung diskutierten die Gruppen jeweils, welche Mitigationsmaßnahmen für die identifizierten Auswirkungen und Ereignisse bereits bekannt sind oder eingeführt werden könnten. Da einige Teilnehmende nach der ersten Gruppenarbeit nicht weiter am Workshop teilnehmen konnten und die Zulosung bereits in der Vorbereitung erfolgt war, waren die Gruppen in der zweiten Arbeitsphase unterschiedlich groß.

Ursprünglich war vorgesehen, die Bewertung dieser Punkte aus der Gruppenphase 1 mit der neu zusammengesetzten Gruppe noch einmal zu bestätigen oder abweichend anzusetzen. Da es in der Gruppenphase 1 aber Unklarheiten zum Bewertungskonzept gab und jede Gruppe eigene Kriterien definiert hatte, wurde dieser Arbeitsschritt verworfen. Um die Bewertungen nachvollziehen zu können, hätten für jeden Punkt die Bewertungskriterien herausgefunden werden müssen und dies hätte zu viel Zeit gekostet.



Die Punktevergabe in Gruppe 1. Foto: Sina Löschke

6.1 Gruppe 1

Autor: Dr. Michael Sswat (GEOMAR)

In dieser Gruppe haben 5 Personen zuerst individuell festgelegt, welche Ereignisse und Auswirkungen aus ihrer Sicht für eine größere Detailtiefe in einer UVP in Frage kommen. Anschließend wurde näher besprochen, welche Maßnahmen eingesetzt werden könnten, um die Auswirkungen oder die Wahrscheinlichkeit des Eintretens zu minimieren.

Insgesamt zeigte sich, dass die Gruppe es für wichtig hielt, die lokalen Effekte auf benthische Organismen und Meeressäuger besonders detailliert zu betrachten, da diese in Folge auch großflächigen Einfluss haben könnten.

Im Detail wurden folgende Auswirkungen als besonders wichtig identifiziert (nicht nach Wichtigkeit gerankt):

- Lokale Versauerung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen
- Lokale Versalzung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen
- Lokale Schädigung benthischer Organismen durch Schadstoffe
- Schädigung von Offshore-Infrastrukturen (z. B. Windparks)
- Lokale Schädigung von Meeressäugern (Verletzung und Tötung) aufgrund von Lärm-Emissionen durch aktiv-seismische Untersuchungen

- Lokale Störung (z. B. Scheuchwirkung) von Meeressäugern aufgrund von Lärm-Emissionen durch aktiv-seismische Untersuchungen
- Lokale Schädigung von Meeressäugern (Verletzung und Tötung) durch Lärm-Emissionen durch Speicher- Betrieb
- Auswirkung auf Strömung/Hydrologie durch die Einbringung von Hartsubstrat (Aufbauten auf dem Meeresboden)
- Inanspruchnahme von Flächen und Freisetzung von Schadstoffen mit Auswirkungen auf lokale Biotope durch die Freisetzung von Rückständen und Abfällen (z. B. Bohrklein)
- Beeinträchtigung von Lebensraumtypen und Anhangsarten bei Beeinträchtigung von Meeresschutzgebieten (inkl. Natura 2000)
- Schädigung besonders geschützter Biotope (§30 gesetzlich geschützte Biotope)
- Schädigung besonders geschützter Arten durch Betrieb und Leckage (Gefährdung besonders geschützter Arten)

Bei den möglichen Mitigationsmaßnahmen ist insgesamt festzuhalten, dass es schon viele bestehende Konzepte aus anderen Meeresnutzung / Industriezweigen gibt, die aufgegriffen werden sollten. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse der Untersuchungsphase weitere detaillierte Einblicke in viele Themenbereiche erlauben und eventuell auch erlaubt, neue Mitigationsmaßnahmen vorzuschlagen.

Es wurde unterstrichen, dass eine gute Auswahl des Speichers die beste und wirkungsvollste Mitigationsmaßnahme gegen Leckagen ist. Allgemein sollte klar sein, dass keine Speicher in einem Areal gebaut werden sollten, in dem viele Störungen oder Altbohrungen vorhanden sind. Im Bezug auf die Auswirkungen durch Leckagen braucht es ein flächendeckendes Monitoring-Konzept, um diese zu entdecken.

Es stehen verschiedene Monitoring-Methoden zur Verfügung, die jeweils unterschiedliche Fragestellungen adressieren. Ist bekannt, wie groß der aquiferführende Bereich ist und wie stark der Druck ansteigt, lassen sich Rückschlüsse auf mögliche Leckagen ziehen. Die Bestimmung der Ausdehnung des Aquifers stellt dabei eine der größten Herausforderungen dar, da es äußerst schwierig ist, die tatsächliche räumliche Ausbreitung zuverlässig einzugrenzen. Zudem sind bestimmte Messverfahren erforderlich, um aussagekräftige Interpretationen treffen zu können; zu eng getaktete Messintervalle liefern dabei oft keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn. Da Formationswasser auch außerhalb des Lizenzgebietes aufsteigen kann, ist ein präzises Verständnis der Aquiferausdehnung besonders wichtig.

Es wurde auch kurz der Einsatz von reaktiven Mineralien gegen Leckagen angesprochen, falls die Leckagen lokal klar zu identifizieren sind. Es gab aber auch direkte Bedenken, dass der Einfluss der Mineralien auf das Ökosystem dabei klar sein muss.

Bei der Schädigung von Offshore-Infrastruktur durch Erdbeben wurde angeregt, dass eine Mitigation durch gute Betriebssteuerung und Live-Betriebsmonitoring gewährleistet werden kann. Und selbst wenn die erwartete Magnitude möglicher Erdbeben gering ist, könnte man Schäden an Infrastrukturen vermeiden, indem man die Infrastrukturen so auslegt, dass sie Erdbeben größerer Magnitude aushalten.

Die lokale Schädigung von Meeressäugern, einschließlich Verletzungen und tödlicher Auswirkungen, durch Lärm-Emissionen aktiv-seismischer Untersuchungen und Speicherbetrieb erfordert den Einsatz geeigneter Mitigationsmaßnahmen. Dazu zählen umfassende Lärmschutzkonzepte, der Einsatz von Blasenschleiern sowie die Beschränkung der Arbeiten auf möglichst geeignete Jahreszeiten. Für Schweinswale bestehen hierzu bereits gesetzliche Vorgaben, die bei der Planung und Durchführung berücksichtigt werden müssen.

Die Anzahl der tatsächlich notwendigen seismischen Untersuchungen hängt stark von der jeweiligen Betriebsart sowie den behördlichen Auflagen ab. In diesem Zusammenhang können unterschiedliche Interessen aufeinandertreffen, da Betreiber in der Regel nur dann seismisches Monitoring durchführen, wenn die verwendeten Modelle dies als notwendig ausweisen. Eine konkrete Maßnahme in Bezug auf Lärm während des Betriebs wäre, den Kompressor zur Verdichtung des CO₂ an Land zu installieren oder auf eine Plattform zu stellen. Diese Möglichkeiten hängen jedoch stark von der Betriebsform ab.

Als Mitigation gegen den hydrographischen Einfluss durch die Einbringung von Hartsubstrat ist zu betonen, dass man dies modellieren kann. Auch hier ist das Gesamtkonzept der Infrastruktur entscheidend. Im Vorfeld ist schwer zu sagen, wie die Infrastruktur aussehen wird. Der „schlechteste Fall“ in Sachen hydrodynamische Beeinflussung wäre, wenn alle betrieblichen Strukturen am Meeresboden aufgebaut wären, da sie dann den größten Einfluss auf die Wasserbewegungen hätten. Nichtsdestotrotz wurde aufgezeigt, dass der Einfluss solcher Bauten sehr viel geringer wäre als beispielsweise der Einfluss von Strukturen am Meeresgrund von Offshore-Windparks.

Um zu vermeiden, dass Rückstände und Abfälle die Meeresumwelt beeinträchtigen, wurde vorgeschlagen, dass hier die Abfälle fachgerecht entsorgt werden müssen und die technischen Voraussetzungen hierfür gegeben sind. Schlussendlich ist auch hier der rechtliche Rahmen entscheidend.

Für die Bewertung möglicher Beeinträchtigungen von Meeresschutzgebieten, geschützten Biotopen und besonders geschützten Arten ist zunächst zu prüfen, ob beispielsweise der erkundungs- oder speicherungsbedingte Schiffsverkehr relevante Auswirkungen auf die betroffenen Schutzgebiete hat. Gegebenenfalls sind ergänzende Messungen der Lärmemissionen innerhalb der marinen Schutzgebiete (MPAs) erforderlich. Bei Bauvorhaben ist zudem zu berücksichtigen, in welchen Habitaten die Anlagen errichtet werden sollen – etwa in sensiblen Schlickgebieten. Dabei stellt sich auch die Frage, ob Injektionsstellen gegebenenfalls an Standorte verlegt werden könnten, in denen die Habitate bereits durch Grundschleppnetzfisherei oder andere Stressoren vorgeschädigt sind und somit eine geringere zusätzliche Belastung darstellen würden.

Die Zahl der nach FFH-Richtlinie besonders geschützten Arten ist zwar begrenzt, dennoch sollten diese durch Maßnahmen wie den Einsatz von Blasenschleiern und geschulten Beobachtern wirksam geschützt werden können. Benthosarten hingegen wären insbesondere im Fall von Leckagen betroffen und müssen daher in der ökologischen Risikoabschätzung gesondert berücksichtigt werden.

6.2 Gruppe 2

Autorin: Dr. Elke Kossel (GEOMAR)

Auch in der zweiten Gruppenphase verlief die Diskussion in einer guten und konstruktiven Atmosphäre und alle Teilnehmenden waren mit Wortmeldungen vertreten. Es konnten alle Punkte in der vorgegebenen Zeit besprochen werden.

Die Auswertung der Marker für die Listenpunkte, die in einer UVP besonders zu beachten seien, gestaltete sich schwierig, da Marker sowohl Ereignissen als auch Auswirkungen zugeordnet worden waren. Wenn möglich, wurden Marker einer Auswirkung zugewiesen. In einzelnen Fällen war dies nicht möglich und es wurde stattdessen das Ereignis als Diskussionspunkt genommen. Es wurden 9 Punkte identifiziert, die mit mindestens 3 Markern bedacht worden waren. Über den zehnten Punkt wurde noch einmal gesondert abgestimmt, da es 4 Kategorien mit jeweils 2 Markern gab. Die Gruppe entschied sich aus dieser Auswahl für die Auswirkung Schädigung besonders geschützter Biotope (§ 30) als letzten Diskussionspunkt.

Damit wurden folgende 10 Punkte als besonders relevant eingeschätzt:

- Lokale Versauerung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen
- Großflächige Versauerung des Meerwassers und Schädigung pelagischer Organismen
- Lokale Versalzung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen
- Lokale Schädigung benthischer Organismen
- Lärm-Emissionen durch aktiv-seismische Untersuchungen
- Lärm-Emissionen durch Speicher-Betrieb
- Visuelle Scheuchwirkungen auf Seevögel
- Auswirkung von Vibrationen auf lokale Biotope
- Beeinträchtigung von Meeresschutzgebieten (inkl. Natura 2000)
- Schädigung besonders geschützter Biotope

Aus dieser Auflistung wird sichtbar, dass die Auswirkungen einer Leckage von CO₂ und/oder Formationswasser und der entstehende Lärm durch die Speichererkundung und einen Speicherbetrieb als die wichtigsten und kritischsten Punkte der UVP angesehen wurden.

Ganz allgemein wurde von allen Teilnehmenden angemerkt, dass es bereits bestehende und standardisierte Konzepte sowie gesetzliche Vorgaben für die Baseline-Erfassung und das Monitoring vieler dieser Punkte gibt, die übernommen werden können und nicht neu diskutiert werden müssen. Für viele Prozeduren wie zum Beispiel seismische Surveys gibt es bereits strikte gesetzliche Vorgaben. Die Formulierung in einer UVP-Vorgabe, dass der beste Stand der Technik verpflichtend verwendet werden muss, kann den Betreiber verbindlich auf einen hohen Schutzstandard festlegen. Dies gilt besonders für Leckagerisiken und Lärmemissionen. Bestehende Konzepte und Regularien von im Ausland betriebenen CO₂-Speichern wären mögliche Vorlagen für eine UVP. Teilweise sind Daten dieser

Speicher in Datenbanken hinterlegt und können als Referenz dienen. Das Monitoringkonzept unterliegt dabei jedoch meist der Geheimhaltung und muss individuell entwickelt werden. Für die Erfassung von Auswirkungen auf Ökosysteme müssen dabei vorab Modellorganismen identifiziert werden.

Es wurde als wichtig erachtet, dass der Betreiber eines Speichers detaillierte Maßnahmenkonzepte für den Leckagefall vorlegt. Diese müssen genau definieren, wie die Lokalisation, das Ausmaß bestimmt und damit die Mitigationsmaßnahmen definiert werden können. Absolute Priorität sollte sein, das Schadensereignis selbst zu minimieren.

Lärm durch den Betrieb eines Speichers wird vor allem durch den Kompressor verursacht. Die Reduzierung dieses Lärmanteils hat die höchste Priorität. Der Kompressor muss von den übrigen Strukturen so gut wie möglich entkoppelt werden. Am Wirkungsvollsten für die Reduzierung der Auswirkungen auf die marine Umgebung wäre eine Verlegung des Kompressors an Land, was bei der Entfernung von Gebiet A technisch schwierig wird.

Bei der visuellen Scheuchwirkung auf Seevögel geht es vor allem darum, die Auswirkungen zu kontrollieren. Wichtig sind hier Beleuchtungskonzepte und ein Konzept für den Schiffsverkehr zur Versorgung des Speichers.

Die Erfahrungen aus dem Vibrationsmanagement von Windkraftanlagen können eine Vorlage für ein UVP-Konzept zur Auswirkung von Vibrationen auf lokale Biotope sein.

Es wurde angemerkt, dass Schutzgebiete von den Auswirkungen des CO₂-Speichers wenig betroffen sind, da sie laut Vorgabe mindestens 8 Kilometer vom Speicher entfernt sein müssen. Solange diese Vorgabe nicht aufgeweicht würde, muss vor allem die Auswirkung von Schall auf die Schutzgebiete betrachtet werden. Monitoringkonzepte sollten an Schutzgebiete angepasst werden. Schutzwürdige Biotope können im Speichergebiet liegen und ihr Schutz muss vor allem über die Raumplanung gewährleistet werden.

Verweise auf detailliertere Konzepte, die während der Gesprächsrunde diskutiert wurden, sind in der zugehörigen Tabelle protokolliert.

Abschließend wurde noch angemerkt, dass der Schutz des Grundwassers in Deutschland eine hohe Priorität besitzt und dass das Einbringen von CO₂ in das Grundwasser in die Liste für Mitigation aufgenommen werden sollte.

6.3 Gruppe 3

Autorin: Kristin Hamann (GEOMAR)

Die Teilnehmenden in Gruppe 3 einigten sich zu Beginn darauf, dass sie Punkte sowohl für ein gesamtes Ereignis als auch nur für einzelne Auswirkungen eines Ereignisses setzen wollen. Daraus gab sich eine Priorisierung von 8 Ereignissen, bei denen einzelne Auswirkungen besonders stark gewichtet worden sind. In der vorgegebenen Zeit für diese Gruppenarbeit konnten alle identifizierten Punkte, die nach Einschätzung der Gruppe in einer UVP unbedingt beachtet werden sollten, besprochen werden. Nur die Maßnahmen für den Schutz von Meeresschutzgebieten musste etwas verkürzt zusammengefasst werden.

Als besonders relevant wurden die folgenden Auswirkungen identifiziert (ohne Priorisierung):

- Lokale Versauerung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen durch CO₂-Leckage an Altbohrungen und Störungszonen
- Lokale Versalzung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen durch Leckage von Formationswasser an Altbohrungen und Störungszonen
- Lokale Schädigung von Meeressäugern (Verletzung und Tötung) durch Lärm-Emissionen bei aktiv-seismischen Untersuchungen
- Lokale Störungen (z. B. Scheuchwirkung) von Meeressäugern durch Lärm-Emissionen bei aktiv-seismischen Untersuchungen
- Lokale Schädigung von Meeressäugern (Verletzung und Tötung) durch Lärm-Emissionen bei Bohrungen (und Rammung des äußeren Casings)
- Lokale Störung (z. B. Scheuchwirkung) von Meeressäugern durch Lärm-Emissionen bei Bohrungen (und Rammung des äußeren Casings)
- Inanspruchnahme von Flächen am Meeresboden mit Auswirkungen auf lokale Biotope durch Bau und Betrieb oberirdischer Anlagen
- Beeinträchtigung von Lebensraumtypen und Anhangsarten bei Beeinträchtigung von Meeresschutzgebieten (inkl. Natura 2000)
- Schädigung besonders geschützter Biotope (§ 30 gesetzlich geschützte Biotope)
- Schädigung besonders geschützter Arten durch Betrieb und Leckage (Gefährdung besonders geschützter Arten)

Im Hinblick auf die Mitigation potenzieller Leckagen von CO₂ oder Formationswasser diskutierte die Gruppe eine Reihe spezifischer Maßnahmen. Zur Vermeidung von Altbohrungen als Risikofaktor wurde festgehalten, dass diese entweder nicht innerhalb des Speichergebiets vorhanden sein sollten oder ansonsten abgedichtet werden müssten. Darüber hinaus wurde erörtert, ab welcher Leckagegröße eine Detektion mittels verfügbarer Monitoringmethoden möglich ist. Zur Beendigung einer Leckage von CO₂ oder Formationswasser sprach sich die Gruppe eindeutig für einen sofortigen Stopp der CO₂-Injektion aus. Ergänzend wurde diskutiert, ob im Fall einer ausgeprägten Leckage ein Absaugen des CO₂ technisch realisierbar sein könnte. Die Einbringung von Kalk an einer CO₂-Leckage wurde von allen Teilnehmenden abgelehnt, da dies einen zusätzlichen Eingriff in das System darstellen würde.

Vorkehrungen zum Schutz von Meeressäugern vor lokalen Schädigungen und lokalen Störungen infolge seismischer Aktivitäten sind bereits gesetzlich definiert und etabliert. Diese Schallschutzkonzepte sowie die vorgesehenen Sicherheitszonen sind auch im Rahmen aktiv-seismischer Untersuchungen bei CO₂-Speichervorhaben anzuwenden. Wenn möglich, sollte vorwiegend passives Monitoring eingesetzt und weiterentwickelt werden. Da sich das Schiff während seismischer Untersuchungen kontinuierlich bewegt und nicht stationär positioniert ist, sind Blasenschleier als Minderungsmaßnahme nicht geeignet.

Auch für die Minderung der Lärm-Emission durch Bohrungen (und Rammung des äußeren Casing) verwiesen die Teilnehmenden auf bereits etablierte und gesetzlich vorgeschriebene Schallschutzkonzepte und Sicherheitszonen. Zusätzlich könnten bei dieser Lärmquelle auch Blasenschleier und Hydroschalldämpfer eingesetzt werden.

Beim Ereignis Bau und Betrieb oberirdischer Anlagen haben die Teilnehmenden als besonders wichtiges Ereignis die Inanspruchnahme von Flächen am Meeresboden mit Auswirkungen auf lokale Biotop identifiziert. Hierfür sprachen sie die Empfehlung aus, die Anlagen so klein wie möglich zu halten und diese nicht in geschützten Biotopen zu installieren. In der Diskussionsphase griffen die Teilnehmenden auch die anderen Auswirkungen dieses Ereignisses auf und empfahlen hier, etablierte Minderungsmaßnahmen von anderen Bauvorhaben im Meer zu übernehmen.

Die Standortauswahl ist ein wesentlicher Faktor für den Schutz von Meeresschutzgebieten, geschützten Biotopen und besonders geschützten Arten. Zudem verweisen die Teilnehmenden darauf, dass bereits bestehende Konzepte und Gesetze auch hier zur Anwendung kommen. Zudem schreibt das KSpTG einen Schutzraum von acht Kilometer rund um Meeresschutzgebiete vor.

Zusätzlich gaben die Teilnehmenden zu Protokoll, dass es für die Durchführung einer CO₂-Speicherung wichtig ist, die Druckgrenzen zu beobachten und einzuhalten und die Einspeicherungsrate schon vor Erreichung des Grenzwerts zu verringern.

7. Bewertung/Zusammenfassung

Es ist zurzeit kaum möglich, die Umweltverträglichkeit von konkreten CO₂-Speicherprojekten einzuschätzen, da noch unklar ist, wo, in welchem Umfang und mit welchen technischen Verfahren CO₂ in der deutschen AWZ gespeichert werden soll. Diese Situation wird sich ändern, sobald potentielle Speicherstandorte im Rahmen der Erkundungsphase genauer untersucht und von den Betreibern konkrete Planungen für die technische Umsetzung vorgelegt worden sind.

Zudem gibt es erhebliche Wissenslücken zu den möglichen Auswirkungen von z. B. Schall, Vibrationen und elektromagnetischen Feldern auf benthische und pelagische Lebewesen. Die Grundlagen für die Bewertung dieser und weiterer Auswirkungen, die für den Naturschutz relevant sind, sollen in Zukunft vom BfN erarbeitet werden (siehe KSpTG Anlage 1, Teil 2). Die Wissensbasis wird also in den kommenden Jahren wachsen, so dass die Umweltverträglichkeit besser als bisher bewertet werden kann.

Dennoch ist es sinnvoll, schon zum jetzigen Zeitpunkt eine vorläufige Bewertung zu versuchen, um auf Basis des im GEOSTOR-Projekt erarbeiteten aktuellen Kenntnisstands (Kap. 3.2), eine Diskussion zwischen den beteiligten Firmen, Behörden, Umweltverbänden und der Forschung anzuregen und die wichtigsten Wissenslücken zu identifizieren. Die im Workshop erzielten Ergebnisse sollten vor diesem Hintergrund verstanden und eingeordnet werden.

Bei der Gruppendiskussion zu den Leckagen (Gruppe 1, Kap. 5.1, Tabelle 3) wurden großflächige Auswirkungen als eher unwahrscheinlich eingestuft, während lokale Effekte sowohl bei CO₂- als auch bei Formationswasser- und Methan-Leckagen als potenziell relevant eingeschätzt wurden. Die Spannweite der Einschätzungen innerhalb der Gruppe spiegelte die unterschiedlichen Blickwinkel

und die unzureichende Datenbasis wider. Es wurde deutlich, dass weitere Datenerhebungen – insbesondere zur Chemie des Formationswassers und zum Verhalten möglicher Leckagepfade – wichtig sind, um zukünftige Bewertungen präziser vornehmen zu können.

Bei der Diskussion in Gruppe 2 (Kap. 5.2, Tabelle 4) wurden die Auswirkungen der geotechnischen Risiken (Erdbeben, Meeresbodenhebung) als eher gering eingeschätzt, während es eine kontroverse Diskussion zu den Auswirkungen von Lärmmissionen gab. Die Mehrheit der Gruppe ging davon aus, dass seismische Untersuchungen eine signifikante Scheuchwirkung auf Schweinswalen ausüben, die zu einem temporären Verlust von Lebensraum führen. Zu den Lärmmissionen beim Speicherbetrieb wurden keine Aussagen getroffen, da noch unklar ist, wieviel Lärm beim Betrieb entstehen wird. Weiterhin wurde kontrovers diskutiert, ob Schweinswale und andere Lebewesen durch Lärmmissionen geschädigt oder gar getötet werden könnten. Es wurde anerkannt, dass dieses Risiko durch bestehende gesetzliche Vorgaben für seismische Untersuchungen und andere Maßnahmen, wie z. B. den Einsatz von Blasenschleier bei Bohrungen verringert werden können. Dabei bewertet die Gruppe die Auswirkungen auf Ebene der Population, machte aber keine Aussagen dazu, ob einzelne Tiere geschädigt werden können. Zudem blieb unklar, in welchem Ausmaß auch andere Arten - neben den Schweinswalen- durch Lärm beeinträchtigt werden. Es bestehen also nach Einschätzung der Gruppe erhebliche Wissenslücken, die geschlossen werden müssen, um die Auswirkungen von Lärmmissionen auf einzelne Lebewesen und verschiedene Arten besser einschätzen zu können.

In Gruppe 3 (Kap. 5.3, Tabelle 5) wurden weitere Ereignisse und Auswirkungen diskutiert, die nicht den Kategorien der Gruppen 1 und 2 zugeordnet werden können. Beim Bau und Betrieb oberirdischer Anlagen wurden die visuelle Scheuchwirkung auf Seevögel und die Wärmefreisetzung über Kabel als signifikant eingeschätzt. Die Freisetzung von Rückständen und Abfällen (z. B. Bohrklein) kann nach Einschätzung der Gruppe erhebliche Auswirkungen entfalten, während durch Aufbauten am Meeresboden (Hartsubstrat am Meeresboden) nur geringe Auswirkungen erwartet wurden. Bei den Meeresschutzgebieten und den besonders geschützten Arten wurde auf bestehende Regulierungen verwiesen, die bei der Planung, dem Bau und Betrieb von CO₂-Speicheranlagen berücksichtigt werden müssen, um den Schutz dieser Gebiete und Arten zu gewährleisten. Zudem wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass Erfahrungen aus verwandten Offshore-Bereichen (Windenergie- und Erdöl/Erdgas-Produktion) für die Bewertung der Umweltverträglichkeit von CO₂-Speicherprojekten herangezogen werden sollten. Die Auswirkungen auf die tiefe Biosphäre, grenzüberschreitende Effekte und die Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber dem Klimawandel wurden als eher gering eingeschätzt. Wesentliche Wissenslücken bestanden bei Vibrationen und elektromagnetischen Feldern, deren Auswirkungen auf Lebewesen mangels Grundlagenwissen nicht bewertet werden konnten.

In der zweiten Gruppenarbeitsphase, die in drei Gruppen durchgeführt wurde (Kap. 6.1 – 6.3) bestand die Aufgabe darin, die Ereignisse zu identifizieren, die im Rahmen einer UVP mit größerer Detailtiefe berücksichtigt werden sollten, da sie wahrscheinlich auftreten und signifikante Auswirkungen haben können. Zudem sollten Maßnahmen vorgeschlagen werden, um deren Risiken zu verringern.

Die folgenden Ereignisse wurden in allen Gruppen als besonders untersuchungswürdig bewertet, da sie auftreten und signifikante Auswirkungen entfalten können:

- Leckagen von CO₂ und Formationswasser entlang von Altbohrungen und Störungen, die zur lokalen Versauerung und Versalzung von Bodenwasser und Sedimenten und Schädigung von benthischen Lebewesen führen können
- Lärmemissionen bei aktiv-seismische Untersuchungen und bei der Erstellung von Bohrungen, die zur Schädigung von Meeressäugern (Schweinswalen) führen können
- Inanspruchnahme von Flächen am Meeresboden durch Bau und Betrieb oberirdischer Anlagen mit Auswirkungen auf lokale Biotope
- Schädigung von besonders geschützten Arten und Biotopen durch den Speicherbau und -betrieb

Darüber hinaus wurde in Gruppe 1 (Kap. 6.1) die Schädigung von Offshore-Infrastrukturen (z. B. Windparks) durch induzierte Seismizität, die Freisetzung von Schadstoffen bei der Leckage von belastetem Formationswasser und lokale Veränderungen von Bodenströmungen durch Aufbauten am Meeresboden als wichtig erachtet. Gruppe 2 (Kap. 6.2) war der Ansicht, dass die visuelle Scheuchwirkungen auf Seevögel und die Auswirkung von Vibrationen auf lokale Biotope relevant sein könnten.

Bei den Maßnahmen zur Minderung der Auswirkungen wurde wiederholt auf die bereits bestehenden Regulierungen hingewiesen. Diese gelten beispielsweise für die Durchführung seismischer Untersuchungen, den Schallschutz bei der Erstellung von Bohrungen sowie für den Schutz von Meeressäugern, besonders gefährdeten Arten und Biotopen. Außerdem wurde darauf hingewiesen, dass die Speicherung von CO₂ in Naturschutzgebieten und in einem Abstand von 8 Kilometern um diese Gebiete laut aktuellem KSpTG ausgeschlossen ist.

Zudem wurde klargestellt, dass die Auswahl geeigneter Standorte von entscheidender Bedeutung ist und die im KSpTG spezifizierten umfassenden Untersuchungen von Speichergebieten zur Risikominimierung beitragen werden (siehe Tab. 2). Monitoring-Konzepte, die laut KSpTG ebenfalls von den Betreibern entwickelt und umgesetzt werden müssen, wurden als weitere sinnvolle Maßnahmen zur Minderung von Risiken gewertet. Darüber hinaus wurde vorgeschlagen, dass von der zuständigen Behörde strenge Grenzwerte für den Druckanstieg und Leckagen definiert werden sollten. Zudem wurde darauf hingewiesen, dass Erfahrungen aus verwandten Offshore-Bereichen (Windenergie- und Erdöl/Erdgas-Produktion) genutzt werden sollten, um die Umweltrisiken besser einschätzen und weiter verringern zu können.

Die drei Arbeitsgruppen waren überwiegend der Meinung, dass – nach jetzigem Kenntnisstand – die Umweltverträglichkeit der CO₂-Speicherung weitgehend gewährleistet werden könnte, wenn geeignete Standorte ausgewählt, die Erfahrungen aus anderen Offshore-Bereichen genutzt und die bestehenden Regulierungen konsequent umgesetzt und eingehalten werden. Dabei wurde betont, dass die im Workshop getroffenen Einschätzungen vorläufig sind und in den kommenden Jahren aktualisiert und überprüft werden müssen, nachdem die bestehenden Kenntnislücken geschlossen, ausgewählte Speicherstandorte in der deutschen Nordsee umfassend erkundet und detaillierte Planungen für den Speicherbetrieb vorgelegt wurden.

8. Ausblick

Das GEOSTOR-Projekt wird bis spätestens Juli 2027 eine UVP-Scoping-Studie erstellen, die auf den Ergebnissen des UVP-Workshops und den in GEOSTOR erhobenen Daten basiert. Dabei soll definiert werden, welche potenziellen Umweltauswirkungen im Gebiet A besonders relevant sind und daher in einer späteren UVP umfassend und mit großer Detailtiefe bewertet werden müssen.

Ziel ist es, eine wissenschaftsbasierte Grundlage zu erarbeiten, die von der zuständigen Behörde bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens berücksichtigt werden kann.

Anhang

Tabelle 3: Leckagen

(W: Wahrscheinlichkeit, A: Schwere der Auswirkungen, U: Unsicherheiten bei der Bewertung)

Gruppe 1 (Dr. Michael Sswat)

		Wie wahrscheinlich ist das Grundergebnis?	Wenn Ereignis auftritt, wie groß sind die Auswirkungen?		
Ereignis	Auswirkungen	W	A	U	Notizen
CO₂-Leckage an Altbohrungen und Störungszonen	Lokale Versauerung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen	3 (viele 3, dreimal die 4, eine 1)	2 bis 3	2-4 (viermal 4, viermal 2, eine 1, eine 3)	wissen nicht, ob Leckagen zeitlich begrenzt auftreten würden oder nicht; wegen Diskrepanz zwischen Laborexperimenten und Auswirkungen im Feld ist die Unsicherheit immer noch ziemlich hoch; Mechanismen zwischen Altbohrungen und Störungen sind sehr verschieden. Leckage-Wahrscheinlichkeit hier zu bewerten, ist schwierig;
	Großflächige Versauerung des Meerwassers und Schädigung pelagischer Organismen	1- (zwei 3, größtenteils 1, zweimal 2)	3 bis 4	1-4 (zweimal 1, 3mal 2, 4mal 3, eine 4)	auch hier müssen wir zwischen Altbohrungen und Störungszonen unterscheiden; an Störungszonen wären Zeithorizonte viel größer, für Altbohrungen sind großflächige Auswirkungen unwahrscheinlich, wegen starker Strömungen in Gebiet A; Wichtig: Für eindeutige Aussagen müssten wir eine Aufteilung in Altbohrungen und Störungszonen vornehmen und diese einzeln betrachten; Streuung in Bewertung spiegelt auch unterschiedliche Perspektiven wider

	CO ₂ -Freisetzung in die Atmosphäre	3 (überwiegend 3, dreimal 2)	1- (überwiegend 1, 4mal 2, eine 3)	3 (überwiegend 3, 2mal 2, eine 4)	Wahrscheinlichkeit des Austritts in die Atmosphäre hängt von der Wassertiefe ab; Durchmischung des Wassers führt zu einem Austritt des im Wasser gelösten CO ₂
Leckage von Formationswasser an Altbohrungen und Störungsstellen	Lokale Versalzung der Sedimente und des Bodenwassers, Schädigung benthischer Organismen	2 (dreimal 3, 2mal 1, Rest 2)	3 & 0 (5mal 0, eine 2, eine 4, 3mal 3)	4 (3mal 3, eine 5, eine 0, Rest 4)	
	Großflächige Versalzung des Meerwassers und Schädigung pelagischer Organismen	1-2 (6mal 1, eine 3, Rest 2)	3 & 0 (4mal 0, 3mal 3, 2mal 2, eine 4)	3-4 (2mal 0, 4mal 4, Rest 3)	
Eintrag von Schadstoffen durch Leckage von Formationswasser	Lokale Schädigung benthischer Organismen	1-3 (eine 0, 2mal 2, 3mal 1, Rest 3)	2-4 (eine 0, viermal 4, eine 2, Rest 3)	3-5 (zweimal 5, zweimal 3, Rest 4)	Formationswasser ist durch GEOSTOR noch nicht beprobt werden; aus der dt. Nordsee gibt es kaum Daten, bessere Datenerhebung in UK und Norwegen
	Großflächiger Schadstoffeintrag in Meerwasser und Schädigung pelagischer Organismen	1-3 (5mal 1, 3mal 2, Rest 3)	3-4 & 0 (2mal 0, 3mal 3, Rest 4)	4-5 (2mal 5, Rest 4)	
Methan-Leckagen an Altbohrungen und Störungsstellen	Lokale Sauerstoffverluste in Sedimenten und Bodenwasser, Schädigung benthischer Organismen	1- (Rest 1, eine 3, zwei 2,)	2-3 (eine 1, fünfmal 2, drei 3)	2-4 (5mal 2, 2mal 4, 2mal 3)	
	Großflächige Sauerstoffverluste im Meerwasser, Schädigung pelagischer Organismen	1- (eine 3, zwei 2, Rest 1)	2- (6mal 2, 2mal 3, eine 4)	3-4 (eine 2, 3mal 3, Rest 4)	Frage: Wie stark wären die Sauerstoffverluste
	Methan-Freisetzung in die Atmosphäre	1- (größtenteils 1, 3mal 2)	1-2 (eine 3, viermal 1, viermal 2)	2-3 (eine 1, dreimal 2, eine 4, Rest 3)	

Blow-Out durch Druckanstieg (schwerer Unfall)	Großflächige Versauerung, CO ₂ -Freisetzung in die Atmosphäre, Schädigung von Biotopen, Personal und Klima	dramatische explosionsartige Leckage: alle 1, eine Enthaltung	4-5 (eine 3, zwei 4, sonst 5)	3-4 (zweimal 1, dreimal 4, dreimal 3, eine Enthaltung)	Überdruck in der Lagerstätte wird durch das Monitoring erkannt; für eine Bewertung wäre ein klares Szenario möglich; Begriff Blow-Out sollte in der Kommunikation nicht verwendet werden, da unterschiedliche Vorstellungen vorhabend sind; Haben kaum Vergleichsmöglichkeiten; wissen nicht, welche Auswirkungen es geben würde.
--	---	---	-------------------------------	--	---

Tabelle 4: Erdbeben, Meeresbodenhebung und Lärm

(W: Wahrscheinlichkeit, A: Schwere der Auswirkungen, U: Unsicherheiten bei der Bewertung)

Gruppe 2 (Dr. Elke Kossel)

Ereignis	Auswirkungen	W	A	U (W)	U (A)	Notizen
Auslösung von Erdbeben durch CO ₂ -Verpressung	Schädigung von Offshore-Infrastrukturen (z. B. Windparks)	1	1	1	1-2	Bezug des Punktes: Schaden, W: Konsens auf 1-2 (6x1, 1x2, 1 Enthaltung), Differenzierung: Mögliche Induzierung Seismischer Aktivität könnte höher bewertet werden, U(W): Abweichende Meinung: 3, A: 1x Abweichende Meinung: 2, U(A): Ausgeglichen zwischen 1 und 2
	Schädigung von Gebäuden und Infrastrukturen an Land	1	1	1	1	bezogen auf Projektgebiet A, einstimmig
	Tsunami	1		1		Auswirkungen von Tsunami auf See gering, auf Land hoch, Diskussionspunkt: Schwer die Auswirkungen losgelöst von der geringen Wahrscheinlichkeit zu betrachten, Bewertung der Auswirkungen wird hier bewusst nicht vorgenommen
Hebung des Meeresbodens durch CO ₂ -Verpressung	Schädigung von Offshore-Infrastrukturen (z. B. Windparks, Pipelines)	1	1	1-2	2	Diskussionspunkt: Ausmaß der Hebung, U(W): 4x1, 3x2, Ergänzung: Schädigung von z. B. Pipelines als eventuellen weiteren Punkt in die Liste aufnehmen -> als Teil des Punktes aufgenommen, Extra Diskussion zu Pipelines: Übernahme der Bewertung

	Schädigung von Gebäuden und Infrastrukturen an Land	1	1	1	1	Diskussionspunkt: Sind die Auswirkungen generell gemeint, oder der Bezug auf eine Umweltverträglichkeitsprüfung? Inwiefern zählen hier Kulturgüter und Kampfmittel?
Lärm-Emissionen durch aktiv-seismische Untersuchungen	Lokale Schädigung von Meeressäugern (Verletzung und Tötung)	2	2	3	2	Diskussionspunkt: Schädigung und lokale Störung abstufen (dafür neue Zeile eingefügt), Diskussionspunkt: Bewertung mit Beachtung der Mitigationsmaßnahmen? Hier bewertet mit Maßnahmen, U(W): 3 mit 1x1 als Abweichung, A: Diskussionspunkt: Betrachtet im Kontext von Artenschutz? Populationsebene? Einigung auf Diskussion auf Populationsebene
	Lokale Störung (z. B. Scheuchwirkung) von Meeressäugern		2		2	W: 5x5, 4x3 U(W): bei Gruppe mit vorher 5: 1, bei Gruppe mit vorher 3: 3
	Lokale Schädigung anderer Organismen	3	3	4	4	Bewusste Entscheidung gegen Aufteilen dieses Punktes, da unsichere Forschungslage zu Arten, die nicht Schweinswal sind, W: 1x3, Rest Enthaltung, U(W): 2x4, 1x3, A: 2x3, Rest Enthaltung, U(A): 2x5,
Lärm-Emissionen durch Bohrungen	Lokale Schädigung von Meeressäugern (Verletzung und Tötung)	1-2	1	2	1-2	Diskussionspunkt: Ungenaue Formulierung hier, muss differenzierter betrachtet werden, daher erneute Aufteilung der Tabelle W: 6x1, 3x2, Abstimmung erneut mit Maßnahmen
	Lokale Störung (z. B. Scheuchwirkung) von Meeressäugern	4	1		1	U(W):5x2, 3x4
	Lokale Schädigung anderer Organismen		1	3	1-2	Erneutes Problem: Orientierung an Meeressäugern notwendig, da geringes Wissen über andere vorliegt, W: je 1x1-4, Wattenmeer/Mittelplatte als Beispiel verwendbar, U(W): 1 als Einzelmeinung Abweichung
Lärm-Emissionen durch Speicher-Betrieb	Lokale Schädigung von Meeressäugern (Verletzung und Tötung)	1	1	1	1	Fragen/Diskussionspunkte: Wo befindet sich der benötigte Kompressor? Subsea?, Betrachtung von Reparaturen und Versorgungsschiffen? Was sind die Auswirkungen von dauerhafter Aktivität? – Einigung auf ein Szenario schwer

	Lokale Störung (z. B. Scheuchwirkung) von Meeressäugern					Langfristige Auswirkungen sind noch unklar, benötigen erneute Diskussion mit Experten, daher hier keine Abstimmung durchgeführt
	Lokale Schädigung anderer Organismen					Auch hier: Langfristige Auswirkungen sind noch unklar, benötigen erneute Diskussion mit Experten, daher hier keine Abstimmung durchgeführt

Tabelle 5: Weitere Ereignisse und Auswirkungen

(W: Wahrscheinlichkeit, A: Schwere der Auswirkungen, U: Unsicherheiten bei der Bewertung)

Gruppe 3 (Kristin Hamann)

Ereignis	Auswirkungen	W	A	U	Notizen
Bau und Betrieb oberirdischer Anlagen (über Wasser nehmen wir an)	Visuelle Scheuchwirkungen auf Seevögel	4	3	1	W) Ähnliche Einschätzung (3–5), für unterseeische Einrichtungen sind fällt es weniger ins Gewicht, A) Eine oder mehrere oberirdische Plattformen? Gewöhnungszeit für Vögel bedenken, Abhängigkeit von Größe und Anzahl permanenter Standorte, U)
	Auswirkung von Vibrationen auf lokale Biotope	3	3	4-5	Begriff „Biotop“ ist für genaue Bewertung sehr weit gefasst, im Gesetz ist der Begriff deutlich differenzierter (im Gesetz: Tiere, Pflanzen, biolog. Vielfalt // Boden, Begrifflichkeiten sind gesondert gefasst)
	Auswirkung von Wärmefreisetzung auf lokale Biotope	(4) bei Kabel	2	1	W) Wärmefreisetzung über Kabel, die verwendet werden (große Differenzen 1–5), A) Auswirkungen auf Benthos kleinräumig aber deutlich // Diskussion über zu beurteilendes Szenario (Anlage über oder unter Wasser)
	Auswirkung von elektromagnetischen Feldern auf lokale Biotope	2 / schwierig zu bewerten. Ist es bekannt aus Windparks?	4	4	kommt aufs Bauwerk drauf an. Bei Windparks schauen

	Lockwirkung/Kollisionsrisiko für Vögel (van der Veer)	4	3	1	(siehe Scheuchwirkung)
	Inanspruchnahme von Flächen am Meeresboden mit Auswirkungen auf lokale Biotope	4-5	2	1-2	
Einbringung von Hartsubstrat (Aufbau auf dem Meeresboden) (Bachmann)	Auswirkung auf Strömung/Hydrologie (Bachmann)	4-5	2	1	W) bei Bauwerken am Meeresboden (große Differenz)
	Riffbildung (Bachmann)	5	1-5	1	Glaubensfrage: „Neuer Lebensraum“ bis „invasive Arten“
	Auswirkungen auf das Sediment (Bachmann)	5	2	1	Lokal oder gesamtes Gebiet A betrachtet?
Freisetzung von Rückständen und Abfällen (z. B. Bohrklein)	Inanspruchnahme von Flächen und Freisetzung von Schadstoffen mit Auswirkungen auf lokale Biotope (anm. Bauphase)	4	4	1	Nur Bauphase: Bei Bohrungen kommt Gestein nach oben, das nicht abtransportiert wird. Abtransport sollte geregelt werden. Möglicherweise Schadstoffe im Gestein? Kennen wir die Schadstoffe?
	Betriebs-Phase	1	4-5	1	gut bekannt aus Öl- und Gasförderung // Weiß man, was bei Bohrungen gefunden wird?
Beeinträchtigung von Meeresschutzgebieten (inkl. Natura 2000)	Beeinträchtigung von Lebensraumtypen und Anhangsarten	3	4 (bei Seismik)	1	jeweils einzeln anschauen wenn Natura 2000 Gebiete betroffen sind MUSS eine FFH-UVP durchgeführt werden § 20 Abs. 2 BNatschG „wie ist ein besonders sensibles Gebiet definiert“ Schallwirkung beim Monitoring, daher vermehrt passive Seismik
§30 gesetzlich geschützte Biotope	Schädigung besonders geschützter Biotope	1-2 standortabhängig	5	1	Änderung: runtergezogen und neu // W) Standortabhängigkeit!

Gefährdung besonders geschützter Arten	Schädigung besonders geschützter Arten durch Betrieb und Leckage	-	-	-	„Erkundung“ wurde aus den Auswirkungen entfernt, auf FFH Arten fokussiert
	streng geschützte Arten (kritische Teilmenge)	3	4 (bei Seismik)	1	Schweinswale, Kegelrobbe, Seehund etc. FFH geschützt // Verschlechterung des „Erhaltungszustands“ erhebliche Störung / Tötung / Beschädigung-Zerstörung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten
	erhebliche Störung	2	4-5	1	Bei Bewertung werden bekannte Verminderungsmaßnahmen angewendet (Saisonale Aspekte), es wurden besonders Schweinswale bei der Beurteilung betrachtet
	Tötung	2	4-5	1	Bei Bewertung werden bekannte Verminderungsmaßnahmen angewendet (Saisonale Aspekte), es wurden besonders Schweinswale bei der Beurteilung betrachtet
	Beschädigung/Zerstörung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten	2	4-5	1	Bei Bewertung werden bekannte Verminderungsmaßnahmen angewendet (Saisonale Aspekte), es wurden besonders Schweinswale bei der Beurteilung betrachtet
Grenzüberschreitende Effekte	Verringerung der Speicherkapazitäten in Nachbarländern durch Druckanstieg	1	2	1	Hat mit UVP nichts zu tun, da es eher bilaterale, wirtschaftliche Aspekte berührt
CO₂-Verpressung und Migration	Schädigung der tiefen Biosphäre (Bakterien und Archaeen) in Speicher- und Deckschichten durch eingebrachtes CO ₂	5	1	2	
Anfälligkeit des Vorhabens ggü. dem Klimawandel		2	2	2	