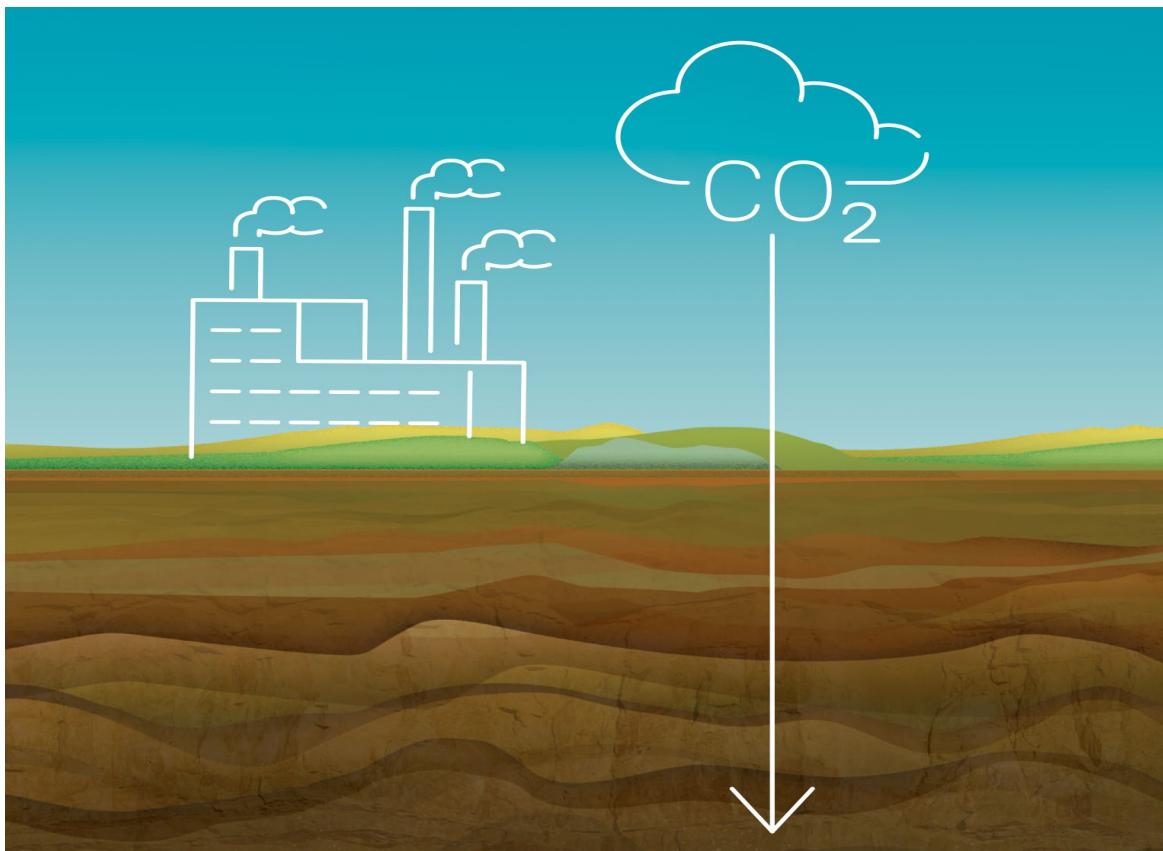


# Umweltbericht



**Strategische Umweltprüfung der Änderung der Durchführungsverordnung  
über die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> unter 100 kt zu  
Forschungszwecken bzw. zur Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte  
und Verfahren**

Dänische Energieagentur [Energistyrelsen]

**Rev.nr.**      **Dato**  
2                15.09.2025

**Beskrivelse**  
Umweltbericht

**Udarbejdet af**  
CJOH, CKIT, FMAD,  
JOMA, MASW, MAWI,  
STOR, TEHE

**Kontrolleret af**  
CKIT, MASW, THEB

## Indhold

<b>1.</b>	<b>Indledning .....</b>	Fejl! Bogmærke er ikke defineret. <b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
1.1	Baggrund .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
<b>2.</b>	<b>Ikke teknisk resumé .....</b>	Fejl! Bogmærke er ikke defineret. 2.1 Miljøvurdering af bekendtgørelsen for pilot- og demonstrationsprojekter.. <b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
2.2	Referencescenariet og alternativer.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
2.3	Bekendtgørelsens miljøpåvirkninger .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
<b>3.</b>	<b>CO<sub>2</sub> lagring .....</b>	Fejl! Bogmærke er ikke defineret. 3.1 Politiske aftaler .....
3.2	Regulering af CO <sub>2</sub> -lagring.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
3.3	CCS-teknologi (værdikæden) .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
3.4	Potentiale for CO <sub>2</sub> lagring i Danmark.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
3.5	Pilot- og demonstrationsprojekter – aktiviteter omfattet af bekendtgørelsen	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
3.6	Lagring af CO <sub>2</sub> på land .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
3.7	Lagring af CO <sub>2</sub> på havet.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
3.8	Risiko .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
<b>4.</b>	<b>Lovgrundlag og metode.....</b>	Fejl! Bogmærke er ikke defineret. 4.1 Lovgrundlag - miljøvurderingsloven .....
4.2	Miljøvurdering af bekendtgørelsen.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
4.3	Metode til vurdering af miljøpåvirkninger .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
4.4	Referencescenarie (0-alternativ) .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
4.5	Undersøgte alternativer.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
4.6	Bekendtgørelsens forbindelse til andre planer.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
4.7	Grænseoverskridende miljøpåvirkninger .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
4.8	Manglende data og usikkerheder.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
<b>5.</b>	<b>Afgrænsning af miljørapporten .....</b>	Fejl! Bogmærke er ikke defineret.
<b>6.</b>	<b>Vurdering af miljøpåvirkning .....</b>	Fejl! Bogmærke er ikke defineret. 6.1 Vand.....
6.2	Biologisk mangfoldighed, flora og fauna .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
6.3	Havstrategi .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
6.4	Befolknings og materielle goder .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
6.5	Menneskers sundhed.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
6.6	Jordbund og jordforurening .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
6.7	Landskab og visuelle forhold.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
6.8	Klima .....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>
6.9	Havplan.....	<b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b>

7. **Bilag og referencer.....** Fejl! Bogmærke er ikke defineret.

## 1. Einführung

### 1.1 Hintergrund

Beim Abschluss des Klimaabkommens für Energie und Industrie usw. vom 20. Juni 2020 wurde beschlossen, dass Kohlenstoffabscheidung und -speicherung („Carbon Capture and Storage“, kurz CCS); ein wichtiger Baustein für die Erreichung der dänischen Klimaziele sein muss. Dies steht im Einklang mit den Empfehlungen des Weltklimarats (IPCC) und der Internationalen Energieagentur (IEA), die beide CCS als unverzichtbare Technologie zur Erreichung der Ziele des Pariser Abkommens betrachten. Seit 2020 wurden eine Reihe von politischen Vereinbarungen getroffen und Rechtsvorschriften verabschiedet, die einen besseren Rahmen für CCS in Dänemark schaffen (Energistyrelsen, 2025) (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2025).

CCS zielt darauf ab, die Emissionen von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre zu reduzieren. CCS ist eine Technologie, bei der abgeschiedenes CO<sub>2</sub> unterirdisch gespeichert wird. In Dänemark kann CO<sub>2</sub> aus Emissionsquellen wie Schornsteinen von Kraftwerken, Biogasanlagen, Müllverbrennungsanlagen und Industrieanlagen abgeschieden werden. CO<sub>2</sub> kann unterirdisch sowohl unter Land oder unter dem Meeresboden gespeichert werden. Die geologischen Strukturen im dänischen Untergrund eignen sich sehr gut für die Lagerung von CO<sub>2</sub>. Das Speicherpotenzial ist daher groß und entspricht dem 400- bis 700-fachen der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen Dänemarks(Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2025).

Die Genehmigung von Pilot- und Demonstrationsprojekten wird derzeit durch die Durchführungsverordnung über die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> unter 100 kt zu Forschungszwecken bzw. zur Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte und Verfahren (Durchführungsverordnung über Pilot- und Demonstrationsprojekte) geregelt.<sup>1</sup> Die dänische Energieagentur kann nach der Durchführungsverordnung die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> von weniger als 100 kt zu Forschungszwecken bzw. zur Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte und Verfahren für einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren genehmigen.

In der aktuellen Durchführungsverordnung kann eine Genehmigung nur für Pilot- und Demonstrationsprojekte in Teilen der Nordsee erteilt werden, vgl. Anhang 1 der Durchführungsverordnung<sup>1</sup>. Im Rahmen der Umsetzung politischer Vereinbarungen über die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> schlägt die Dänische Energiebehörde vor, das geografische Gebiet der Durchführungsverordnung zu erweitern, so dass es in Zukunft möglich ist, Genehmigungen für Pilot- und Demonstrationsprojekte im gesamten Land- und Meeresgebiet Dänemarks, innerhalb des ausschließlichen Wirtschaftsraums Dänemarks, zu beantragen. Genehmigungen für Pilot- und Demonstrationsprojekte müssen sonstigen Umweltgesetzen entsprechen, einschließlich des Helsinki-Übereinkommens (European Union, 2017) (nachfolgend HELCOM), wonach die Speicherung von CO<sub>2</sub> unter dem Meeresboden im Ostseeraum nicht zulässig ist.

Im Zusammenhang mit der Erweiterung des geografischen Gebiets der Durchführungsverordnung muss eine Umweltprüfung durchgeführt werden, einschließlich der Erstellung eines Umweltberichts, in dem die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Umwelt hervorgehoben werden. Der Umweltbericht stellt eine

---

<sup>1</sup> Durchführungsverordnung Nr. 974 vom 22/06/2022, Verordnung über die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> unter 100 kt zu Forschungszwecken bzw. zur Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte und Verfahren, <https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2022/974>

umweltbezogene Informationsgrundlage für die Behörde und die Öffentlichkeit im Zusammenhang mit der Entscheidung über den Erlass der Durchführungsverordnung dar.

## 2. Nicht-technische Zusammenfassung

Dieser Abschnitt enthält eine nicht-technische Zusammenfassung, die die wichtigsten Bewertungen des gesamten Umweltberichts zur Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte zusammenfasst. Den vollständigen Text und detaillierte Bewertungen finden Sie im Abschnitt 6.

### 2.1 Umweltprüfung der Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte

Im Rahmen der Umsetzung politischer Vereinbarungen zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> wird das geografische Gebiet der Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte erweitert, sodass es in Zukunft möglich ist, Genehmigungen für Pilot- und Demonstrationsprojekte im gesamten Land- und Meeresgebiet Dänemarks zu beantragen. Die Änderung der Durchführungsverordnung beinhaltet somit lediglich eine Ausweitung des geografischen Geltungsbereichs der Durchführungsverordnung.

Die CO<sub>2</sub>-Speicherung in einer Lagerstätte mit einem Speicherkomplex, der sich über das dänische Hoheitsgebiet, die dänische ausschließliche Wirtschaftszone und/oder den dänischen Festlandsockel hinaus erstreckt, ist jedoch nicht zulässig, vgl. § 1 Abs. 2 der Durchführungsverordnung. Zwar soll die Änderung der Durchführungsverordnung Pilot- und Demonstrationsprojekte begünstigen, doch muss berücksichtigt werden, dass andere nationale und internationale Vorschriften den Zugang zu Pilot- und Demonstrationsprojekten einschränken können.. Besonders hervorzuheben ist das Helsinki-Übereinkommen (HELCOM), das derzeit eine CO<sub>2</sub>-Speicherung unter dem Meeresboden im unter das Übereinkommen fallenden Ostseeraum nicht direkt zulässt. Das im HELCOM enthaltene Verklappungsverbot wird über das dänische Gesetz zum Schutz der Meeresumwelt umgesetzt. Daher können Pilot- und Demonstrationsprojekte in der Ostsee erst dann genehmigt werden, wenn zwischen den Vertragsparteien des Übereinkommens eine Einigung über eine andere Auslegung oder Änderung des im Übereinkommen verankerten Verklappungsverbots auf See erzielt wird.

Im Zusammenhang mit der Änderung der Durchführungsverordnung wurde im Rahmen der Umweltprüfung dieser Umweltbericht erstellt, der die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt aufzeigt. Im Rahmen des Umweltprüfungsverfahrens wurde ein Scoping-Memo erstellt, das vom 9. Mai 2025 bis zum 6. Juni 2025 zur öffentlichen Einsichtnahme zur Verfügung stand (Anhang 1) und festlegt, welche Umweltaspekte im Umweltbericht behandelt werden sollen. Die im Umweltbericht behandelten Umwetaspekte sind die folgenden:

- Wasser, einschließlich Oberflächenwasser und Grundwasser,
- Biologische Vielfalt, Flora und Fauna, einschließlich der Anhang-IV-Arten, Natura 2000, sonstige Natur, § 3 Schutzgebiete und Bau- und Schutzlinien.
- Meer
- Bevölkerung und Sachgüter, einschließlich Landnutzung und Fischerei,
- Menschliche Gesundheit, einschließlich Lärm und Erschütterungen, Luft, Geruch und Emissionen sowie das Risiko schwererer Unfälle und Katastrophen,

- Boden und Bodenverunreinigungen
- Landschafts- und optische Bedingungen, einschließlich Licht
- Klimatische Faktoren

Im Mittelpunkt der Umweltprüfung steht der Plan, den Geltungsbereich der Durchführungsverordnung über Teile der Nordsee hinaus auszuweiten, um im gesamten Land- und Seegebiet Dänemarks Aktivitäten zu ermöglichen, die unter die Verordnung fallen. Diese Änderung wird für jeden Umweltaspekt hinsichtlich der aktuellen Bedingungen erläutert. Die Bewertung wird anhand der aktuellen Bedingungen, des Referenzszenarios und relevanter Umweltziele, Grenzwerte und Gesetze beschrieben.

Die Umweltprüfung der Verordnung erfolgt auf einer allgemeinen Ebene, die der im Plan geregelten Ebene entspricht, wobei z. B. der konkrete Standort, die Mengen, die Methoden usw. für künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht berücksichtigt wurden. Die konkreten Projekte, die durch die Durchführungsverordnung ermöglicht werden, müssen auf Projektebene geprüft werden, bevor sie gemäß dem geltenden Umweltrecht realisiert werden. Bei der Genehmigung eines Pilot- und Demonstrationsprojekts muss die Behörde u. a. die Einhaltung mehrerer Umweltrichtlinien, einschließlich der UVP-Richtlinie<sup>2</sup>, der Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie, der<sup>3</sup> Wasserrahmenrichtlinie, der<sup>4</sup> Vogelschutzrichtlinie<sup>5</sup> und der FFH-Richtlinie<sup>6</sup> usw., sicherstellen.

## 2.2 Referenzszenario und Alternativen

### 2.2.1 Referenzszenario

Als Referenzszenario für die Änderung der Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte gilt der Fall, dass die Durchführungsverordnung nicht geändert wird. Die Bewertung der vorgeschlagenen Änderung der Durchführungsverordnung stützt sich daher auf die geltende Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte.

### 2.2.2 Alternativen

Im Umweltbericht wird die Änderung der Durchführungsverordnung im Vergleich zur Alternative, in der die Änderung nicht umgesetzt wird (Referenzszenario), bewertet. In diesem Szenario bleibt der Geltungsbereich der Durchführungsverordnung auf Teile der Nordsee beschränkt und die Möglichkeit, Pilot- und Demonstrationsprojekte in anderen geeigneten geologischen Formationen an Land und auf See durchzuführen, wird nicht genutzt.

Eine mögliche Alternative könnte darin bestehen, den geografischen Geltungsbereich der Durchführungsverordnung auf ausgewählte Gebiete an Land und auf See auszuweiten, in denen ein geologisches Potenzial für

<sup>2</sup> EU-Richtlinie 2011/92/EU vom 13. Dezember 2011 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten, [Richtlinie 2011/92/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2011...](#)

<sup>3</sup> EU-Richtlinie 2008/56/EG vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresswelt, [Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni...](#)

<sup>4</sup> EU-Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, [Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000...](#)

<sup>5</sup> EU-Richtlinie 2009/147/EG vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten, [Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten](#)

<sup>6</sup> EU-Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, [Richtlinie - 92/43 - EN - EUR-Lex](#)

die Speicherung besteht. Ein solcher Ansatz würde jedoch bedeuten, dass weiterhin eine separate Regulierung durchgeführt werden müsste, wenn Bedarf und Gelegenheit für Projekte außerhalb dieser Bereiche bestehen. Daher wird davon ausgegangen, dass diese Alternative das Ziel unterstützt, die technologische Entwicklung und Erprobung der CO<sub>2</sub>-Speicherung in Dänemark in geringerem Maße und innerhalb eines Zeitrahmens voranzutreiben, der mit den nationalen und internationalen Klimazielen vereinbar ist.

Eine Ausweitung des geografischen Geltungsbereichs der Durchführungsverordnung auf das gesamte See- und Landgebiet Dänemarks wird im Hinblick auf das Ziel, die technologische Entwicklung und Erprobung der CO<sub>2</sub>-Speicherung in Dänemark zu fördern, als die geeignete Lösung angesehen. Die Änderung stellt sicher, dass Genehmigungen für Projekte im gesamten dänischen See- und Landgebiet erteilt werden können, sofern sie die technischen und ökologischen Anforderungen der Durchführungsverordnung zu Pilot- und Demonstrationsprojekten sowie weitere verbindliche Anforderungen in anderen Umweltvorschriften erfüllen. Der Vorschlag zur geografischen Ausweitung soll dazu beitragen, die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre zu verringern. Die CCS-Technologie wird als notwendiger Teil dieser Bemühungen angesehen, insbesondere in Sektoren, in denen andere Minderungsmaßnahmen nicht ausreichen, beispielsweise in der Schwerindustrie und der Müllverbrennung. Dänemark hat durch mehrere politische Abkommen und Strategien deutlich gemacht, dass CCS eine Schlüsseltechnologie zur Erreichung nationaler und internationaler Klimaziele ist. Eine flexible und geografisch umfassende Regulierung ist daher von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Entwicklung und Erprobung von CCS im erforderlichen Umfang und Tempo erfolgen kann.

Auf dieser Grundlage wird die Änderung der Durchführungsverordnung als die beste Lösung im Hinblick auf den Zweck der Verordnung unter Berücksichtigung ökologischer und technischer Aspekte bewertet.

## **2.3 Umweltauswirkungen der Durchführungsverordnung**

### **2.3.1 Wasser**

Für Tätigkeiten, die zu einer Verschlechterung des Zustands eines Oberflächengewässers oder eines Grundwasserkörpers führen oder die Erreichung der festgelegten Umweltziele behindern, darf keine Genehmigung erteilt werden, vgl. Artikel 4 der Wasserrahmenrichtlinie und § 8 der Durchführungsverordnung Nr. 797 vom 13. Juni 2023 über Aktionsprogramme für Wassereinzugsgebiete. Dies gilt unabhängig davon, ob das Umweltziel erreicht wurde oder nicht, da sich der Ist-Zustand nicht verschlechtern und die Zielerreichung nicht behindert werden darf.

*Diese Bewertung gilt für alle Gewässer der EU und deckt daher sowohl Gewässer innerhalb der Grenzen Dänemarks als auch potenziell betroffene Gewässer der EU außerhalb der Grenzen Dänemarks ab.*

#### *Oberflächenwasser*

Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte, deren Bautätigkeiten an Land möglicherweise Auswirkungen auf Oberflächengewässer haben könnten. Zu den Bautätigkeiten können das Führen schwerer Maschinen, Tiefbohrungen mit Bohrspülungen und Bauarbeiten gehören. Diese Aktivitäten können durch Leckagen, Unfälle und direkte Auswirkungen auf Maschinen Auswirkungen auf nahegelegene Fließgewässer und Seen haben. Während der Bautätigkeiten ist im Allgemeinen keine Wasserableitung erforderlich. Eine etwaige Grundwasserabsenkung muss jedoch so erfolgen, dass das Oberflächenwasser nicht beeinträchtigt wird.

Die Durchführungsverordnung ermöglicht außerdem Pilot- und Demonstrationsprojekte, deren Bautätigkeiten durch Sedimentausbreitung und unbeabsichtigte Freisetzung von Öl und Chemikalien Auswirkungen auf die Küstengewässer und die Meeresumwelt haben können. Veränderungen des Lebensraums können

Auswirkungen auf die benthische Fauna haben, die sich jedoch mit der Zeit wieder erholen kann. Möglicherweise ziehen sich Fische vorübergehend zurück, jedoch kehren sie nach Abschluss der Bauarbeiten zurück. Durch den Austritt von Sedimenten können Nährstoffe und umweltgefährdende Schadstoffe freigesetzt werden, die die aquatische Umwelt beeinträchtigen können.

Um eine Verschlechterung des Zustands von Oberflächengewässern zu vermeiden, müssen Projekte so geplant und umgesetzt werden, dass sich der Zustand der Gewässer nicht verschlechtert. Dies kann notwendige Maßnahmen wie Notfallpläne, Reinigungslösungen, Anforderungen an Bohrspülungsprodukte usw. erfordern. Das Ausmaß der Auswirkungen hängt vom Standort des Projekts, den Baumethoden und den örtlichen Bedingungen ab. Mit den richtigen und notwendigen Maßnahmen können nach allgemeiner Einschätzung durch die Durchführungsverordnung ermöglichte Pilot- und Demonstrationsprojekte umgesetzt werden, ohne den ökologischen oder chemischen Zustand der Oberflächengewässer zu beeinträchtigen oder die Erreichung ihrer Umweltziele zu verhindern.

Während der Betriebsphase können Flüsse und Seen durch unbeabsichtigtes Austreten von CO<sub>2</sub> und Ableitung von Oberflächenwasser aus der Anlage beeinträchtigt werden. Durch das Austreten von CO<sub>2</sub> kann die Bodenmatrix versauert werden und es können umweltschädliche Schadstoffe freigesetzt werden, die die Wasserchemie beeinträchtigen können. Zur Beurteilung der Auswirkungen sind Kenntnisse über den Standort und die Art der Anlagen erforderlich. Das Risiko einer Freisetzung ist sehr gering, kann aber rund um das Bohrloch auftreten, wenn die abdichtende Bodenschicht beschädigt ist. Die Ableitung von Oberflächenwasser kann durch entsprechende Maßnahmen gesteuert werden, um eine Verschlechterung des Zustands zu vermeiden.

Während der Betriebsphase kann das Austreten von CO<sub>2</sub> aus dem Untergrund in die Meeresumwelt möglicherweise zu einer Versauerung des Wassers führen, was sich auf den pH-Wert und den Karbonatgehalt auswirken kann – beides wichtige Faktoren für Schalentiere am Meeresboden wie Muscheln und Krebstiere. Undichtigkeiten werden als höchst unwahrscheinlich eingeschätzt, können aber rund um das Bohrloch auftreten, wenn die abdichtende Bodenschicht beschädigt ist. Jegliche Austritte werden überwacht und kontrolliert, um die Auswirkungen zu minimieren. Schwere Unfälle wie Schiffskollisionen und Ölverschmutzungen können die Wasserqualität ebenfalls beeinträchtigen, gelten jedoch als selten. Mit den richtigen Maßnahmen können die Projekte in der Regel umgesetzt werden, ohne den ökologischen oder chemischen Zustand der Küstengewässer und der Meeresumwelt zu beeinträchtigen.

Die kumulativen Auswirkungen künftiger Projekte im Verhältnis zu anderen Projekten hängen von deren Standort, Baumethode, Größe usw. ab und können je nach konkrem Projekt auf eine erhöhte Schwebstoffbelastung in der Wassersäule und nachfolgende Sedimentablagerungen zurückzuführen sein, die durch Sedimenteintrag aus anderen Projekten verursacht werden, beispielsweise durch Baggerarbeiten, Grundsleppnetzfischerei oder Bauarbeiten an Offshore-Windkraftanlagen, Seekabeln oder anderen Installationen am Meeresboden. Auch die Einleitung von Nährstoffen oder umweltgefährdenden Schadstoffen in Süßwasser- oder Meeresgewässer kann kumulative Auswirkungen haben. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt, auch aufgrund geltender Grenzwerte usw. in der Wasserrahmenrichtlinie.

### 2.3.1.1 Grundwasser

Bei Pilot- und Demonstrationsprojekten ist davon auszugehen, dass das Projekt eine oder mehrere Tiefbohrungen umfasst. Bei Tiefbohrungen wird eine spezielle Flüssigkeit, die sogenannte Bohrspülung, verwendet, die

Zusätze enthält. In manchen Fällen kann die Bohrspülung in die umgebenden Bodenschichten eindringen, weshalb Bohrspülungsarten verwendet werden, von denen keine Gefahr einer Verunreinigung des Grundwassers ausgeht. Geschieht dies in der Nähe von Grundwasserleitern, kann dies möglicherweise die Qualität des Grundwassers und damit des Trinkwassers beeinträchtigen. Daher ist es wichtig, Projekte mit großer Sorgfalt zu planen und durchzuführen, insbesondere wenn sie in Gebieten liegen, in denen besondere Anforderungen an die Trinkwasserversorgung gestellt werden. Es wird empfohlen, Anlagen für Pilot- und Demonstrationsprojekte möglichst nicht in diesen sensiblen Gebieten anzusiedeln. Wenn dies nicht vermieden werden kann, müssen besondere Maßnahmen wie Überwachung, Notfallpläne und die Verwendung sicherer Bohrmethoden ergriffen werden.

In manchen Fällen kann es notwendig sein, den Grundwasserspiegel während der Bauarbeiten vorübergehend abzusenken. Dies kann die Art und Weise verändern, wie sich Wasser und Schadstoffe im Boden bewegen, und muss daher mit Vorsicht behandelt werden.

Bei der unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speicherung besteht während der Betriebsphase ein sehr geringes Risiko, dass es austritt und das Grundwasser beeinträchtigt. Ein Austreten von CO<sub>2</sub> kann beispielsweise im Zusammenhang mit der Verschlechterung der Zementierung oder der Stahlrohre des Brunnens im Laufe der Zeit auftreten oder wenn Injektionsbrunnen nach der Stilllegung nicht ordnungsgemäß abgedichtet werden. Dies könnte möglicherweise dazu führen, dass CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch oder durch Leckagen in den Brunnenleitungen nach oben in darüber liegende Gesteinsschichten, Grundwasserleiter und an die Erdoberfläche wandert (Keiding, et al., 2024). Erfahrungen aus der Öl- und Gasindustrie zeigen, dass die Schichten, unter denen CO<sub>2</sub> gespeichert wird, sehr dicht sind. Sollte es zu einem Austritt kommen, würde er sich in der Regel sehr langsam und lokal im Umkreis der Bohrstelle ereignen und es wäre möglich, ihn rechtzeitig zu erkennen und zu stoppen. Zudem besteht die Gefahr, dass CO<sub>2</sub> Salzwasser verdrängt, das sich dann Richtung Grundwasser bewegen kann. Dies gilt jedoch als unwahrscheinlich, da hierfür besondere Bedingungen im Untergrund erforderlich sind und es sich um geringe Mengen (<100 kt CO<sub>2</sub>) handelt.

Die kumulativen Auswirkungen zukünftiger Projekte im Verhältnis zu anderen Projekten hängen von deren Standort, Baumethode, Größe usw. ab. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt, auch aufgrund geltender Grenzwerte usw. in der Wasserrahmenrichtlinie.

### **2.3.2 Biologische Vielfalt, Flora und Fauna**

Die biologische Vielfalt, Flora und Fauna, umfasst die Auswirkungen auf die terrestrische und marine Natur im Zusammenhang mit dem Erlass der Durchführungsverordnung. Die bewerteten natürlichen Bedingungen umfassen geschützte Lebensraumtypen, Naturgebiete und Arten sowie die biologische Vielfalt im weiteren Sinne und bestehen aus Anhang-IV-Arten, Natura-2000-Gebieten, Schutzgebieten nach § 3, sonstiger Natur und Bau- und Schutzlinien. Die vorliegende Bewertung umfasst potenzielle Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, Flora und Fauna. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen dieses Umweltaspekts umfasst sowohl Dänemark als auch die angrenzenden Nachbarländer, da sich die Auswirkungen über die Grenzen hinweg nicht unterscheiden.

#### **2.3.2.1 Anhang-IV-Arten**

Anhang IV der FFH-Richtlinie enthält eine Liste ausgewählter Tier- und Pflanzenarten, zu deren Schutz die Mitgliedstaaten grundsätzlich verpflichtet sind, sowohl innerhalb als auch außerhalb von Natura-2000-Gebieten.

Für Projekte, Pläne usw., die die absichtliche Tötung oder die absichtliche Störung der in Anhang IV der FFH-Richtlinie aufgeführten Tierarten beinhalten, darf keine Genehmigung erteilt werden.

#### An Land

Zu den potenziellen Auswirkungen auf terrestrische Anhang-IV-Arten zählen Auswirkungen durch den Bau technischer Anlagen, das Austreten von CO<sub>2</sub> im Umfeld von Injektionsbrunnen und den Rückbau der Anlagen nach deren Nutzung. Technische Anlagen, darunter Bohr-, Injektions- und Zwischenlageranlagen, können sich durch die direkte Landnutzung negativ auf Anhang-IV-Arten auswirken, wenn sie sich in Brut- und Rastgebieten von Anhang-IV-Arten befinden. Eine Leckage von CO<sub>2</sub> durch langsames Austreten aus der Injektionsstelle kann sich auf besonders kalkhaltige Böden (Kalkmoore, kalkreiche Niedermoore und Seen) auswirken und somit negative Auswirkungen auf Anhang-IV-Arten haben, die mit diesem Lebensraumtyp in Verbindung stehen.

Es wird davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung von durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten an Land gefunden werden können, bei denen der Schutz der terrestrischen Anhang-IV-Arten gewahrt werden kann, sodass die ökologische Funktionalität des Gebiets als Brut- und Rastgebiet für terrestrische Anhang-IV-Arten nicht beeinträchtigt wird oder die terrestrischen Anhang-IV-Arten bei der Brut, der Aufzucht oder ihrer Migration nicht absichtlich gestört werden. Eine genauere Beurteilung ist jedoch erst nach Vorliegen des konkreten Projektvorschlags bzw. der konkreten Projektvorschläge möglich.

#### Auf See

Mögliche Auswirkungen auf marine Anhang-IV-Arten werden in Form von Sedimenteintrag durch Bautätigkeiten, Unterwasserlärm durch seismische Untersuchungen und Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung im Zusammenhang mit technischen Installationen auf dem Meeresboden sowie einem erhöhten Schiffsverkehr auftreten. Während der Betriebsphase werden die Hauptauswirkungen in potenziellen CO<sub>2</sub>-Emissionen der technischen Installationen auf dem Meeresboden und der Meeresoberfläche, einem erhöhten Schiffsverkehr und dem Verlust von Lebensraum bestehen. Seismische, geotechnische und geophysikalische Untersuchungen sowie Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung erzeugen impulshaltigen Unterwasserlärm, der sich, wenn er nicht gedämpft wird, negativ auf Fische und Wale auswirken und zu Hörschäden und Verhaltensänderungen führen kann. Es ist daher zu erwarten, dass im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekten Bedingungen für einen „Soft-Start“/„Ramp-Up“ sowie Bedingungen für die Lärmdämpfung bei Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung festgelegt werden, falls dies erforderlich ist, und zwar im Einklang mit der bestehenden Praxis. Dadurch werden die Auswirkungen auf die marinen Anhang-IV-Arten erheblich verringert. Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte in allen dänischen Gewässern. Wenn ein konkretes Projekt in einem Gebiet umgesetzt wird, das für eine marine Anhang-IV-Art wichtig ist, beispielsweise ein wichtiges Gebiet während der Brutzeit, können negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden, insbesondere wenn es sich um gefährdete Arten/Populationen handelt. Ob es sich um eine absichtliche Störung handelt, hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen sowie vom Zeitpunkt der Baumaßnahmen im Jahr ab. Bei der Beurteilung, ob Brut- oder Rastgebiete beschädigt oder zerstört werden, wurde Wert darauf gelegt, ob die ökologische Funktionalität beeinträchtigt ist. Dies hängt ebenfalls von der Ausgestaltung des konkreten Projekts ab, weshalb eine pauschale Beurteilung nicht möglich ist.

Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung von durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten auf See gefunden werden können, bei denen der Schutz der marinen Anhang-IV-Arten gewahrt werden kann, sodass die ökologische Funktionalität als Brut- und Rastgebiet für marine Anhang-IV-Arten nicht beeinträchtigt wird oder die marinen Anhang-IV-Arten bei der Brut, der Aufzucht oder ihrer Migration nicht absichtlich gestört werden. Eine genauere Beurteilung ist nach Vorliegen des konkreten Projektvorschlags bzw. der konkreten Projektvorschläge möglich.

Kumulative Auswirkungen künftiger Projekte im Verhältnis zu anderen Projekten hängen von deren Standort, Baumethode, Größe usw. ab und können je nach konkretem Projekt auch Auswirkungen auf die Entwicklung der Offshore-Windenergie in der Nordsee, im Kattegat und in der Ostsee haben, z. B. Auswirkungen durch Unterwasserlärm usw. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Auswirkungen mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

### 2.3.2.2 Prüfung der Erheblichkeit in Natura-2000-Gebieten

Ein Projekt kann nicht genehmigt werden, wenn es allein oder im Zusammenhang mit anderen Plänen oder Projekten die Ausweisungsgrundlage eines oder mehrerer Natura-2000-Gebiete schädigen könnte. Dieser Umweltbericht stellt daher eine allgemeine Bewertung der erheblichen Auswirkungen auf die Natura-2000-Gebiete dar.

#### An Land

Die Durchführungsverordnung, die nach ihrer Umsetzung den Bau temporärer technischer Anlagen an Land ermöglichen wird, d. h., dass Anlagen im Zusammenhang mit der Speicherung in Natura-2000-Gebieten grundsätzlich in Gebieten mit Lebensraumtypen errichtet werden können, die einen Verlust der natürlichen Lebensräume sowie Auswirkungen auf Arten der Ausweisungsgrundlage durch direkte Landnutzung und Störungen infolge der Bautätigkeiten, ein Austreten von CO<sub>2</sub> um Injektionsbrunnen herum, was sich auf besonders kalkhaltige Böden und die in diesem Lebensraumtyp lebenden Arten auswirken kann, und ein Rückbau der Anlagen nach der Verwendung zur Folge haben können. Standort, Art, Wahl der Baumethode und Jahreszeit für den Bau/Betrieb der konkreten Projekte sind nicht bekannt. Aufgrund der fehlenden Informationen kann eine erhebliche Auswirkung der Arten der Ausweisungsgrundlage nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf die Ausweisungsgrundlage durch Flächenverluste, physische Störungen und CO<sub>2</sub>-Leckagen um Injektionsbrunnen herum ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte das Erreichen der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach die Lebensraumtypen, Arten und Vögel der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen.

#### Auf See

Die Durchführungsverordnung gilt für die gesamte dänische Meeresumwelt, d. h., Brunnen dürfen grundsätzlich in Natura-2000-Gebieten in Gebieten mit Lebensraumtypen errichtet werden, die zu einem Verlust der Lebensraumnatur und zu Auswirkungen in Form von Materialablagerungen führen können. Ob der Verlust von Meeresbodenfläche und die Ablagerung von Meeresbodenmaterial erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen haben, hängt teilweise davon ab, wo die Anlage errichtet wird, ob sie sich innerhalb oder in der Nähe von Lebensraumtypen befindet und welche Lebensraumtypen betroffen sind. Aufgrund der derzeitigen Ausgangslage und fehlender Informationen über Baumethoden und Standorte für spätere konkrete Projekte können erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen nicht ausgeschlossen werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen durch den Verlust von Meeresbodenfläche und den Austrag von Sedimenten ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte das Erreichen der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach die Lebensraumtypen der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen. Seismische, geotechnische und geophysikalische Untersuchungen sowie Rammarbeiten für Brunnenverrohrungen erzeugen impulsartigen Unterwasserlärm, der sich, wenn er nicht gedämpft wird, negativ auf Fische und Meeressäugetiere auswirken und zu Hörschäden und Verhaltensänderungen führen kann. Es ist daher zu erwarten,

dass im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekten Bedingungen für einen „Soft-Start“/„Ramp-Up“ sowie Bedingungen für die Lärmdämpfung bei Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung festgelegt werden, falls dies erforderlich ist, und zwar im Einklang mit der bestehenden Praxis. Dadurch werden die Auswirkungen auf die marinen Anhang-IV-Arten erheblich verringert. Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte in allen dänischen Gewässern. Wenn ein konkretes Projekt in einem Gebiet umgesetzt wird, das für eine marine Lebensraumart wichtig ist, beispielsweise ein wichtiges Gebiet während der Brutzeit, können erhebliche negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden, insbesondere wenn es sich um gefährdete Arten/Populationen handelt. Die Erheblichkeit der Auswirkungen hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen sowie vom Zeitpunkt der Baumaßnahmen im Jahr ab.

Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumarten ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte das Erreichen der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach die Lebensraumarten der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen.

Es wird insgesamt davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf die Ausweisungsgrundlage für die marinen Natura-2000-Gebiete ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte das Erreichen der Erhaltungsziele somit nicht behindern, wonach die Arten und Lebensraumtypen der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen.

Kumulative Auswirkungen künftiger Projekte im Verhältnis zu anderen Projekten hängen von deren Standort, Baumethode, Größe usw. ab und können je nach konkretem Projekt auch Auswirkungen auf die Entwicklung der Offshore-Windenergie in der Nordsee, im Kattegat und in der Ostsee haben, z. B. Auswirkungen durch Unterwasserlärm usw. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Auswirkungen mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

### 2.3.2.3 *Nach § 3 geschützte Gebiete und Flüsse*

§ 3 des dänischen Naturschutzgesetzes sieht einen besonderen Schutz vor Zustandsänderungen für eine Reihe von Lebensraumtypen vor, die als § 3-Gebiete oder geschützte Natur bezeichnet werden. Zu diesen Lebensraumtypen zählen Moore, Frischwiesen, Salzwiesen, Küstenmarschen sowie Grasland und Heiden, die einzeln oder in Kombination eine Fläche von mindestens 2.500 m<sup>2</sup> aufweisen. Darüber hinaus umfasst der Schutz Seen und Teiche mit einer Fläche von mindestens 100 m<sup>2</sup> sowie bestimmte Flüsse. Auch Moore, Wiesen, Heiden und Grasland sind geschützt, wenn sie kleiner als 2.500 m<sup>2</sup> sind und in Verbindung mit geschützten Flüssen oder Seen liegen.

Die Durchführungsverordnung ermöglicht nach ihrer Umsetzung den Bau technischer Anlagen an Land, d. h., dass grundsätzlich Anlagen im Zusammenhang mit der Speicherung in nach § 3 geschützter Natur errichtet werden können, was zu einem Verlust von nach § 3 geschützter Natur führen kann, die Lebensraum für gefährdete und stark gefährdete Arten sein kann. Darüber hinaus kann es durch CO<sub>2</sub>-Leckagen um die Injektionsbrunnen herum insbesondere zu kalkhaltigen Böden und Beeinträchtigungen der in diesem Lebensraumtyp vorkommenden Arten kommen. Zudem kann es zu Störungen im Zusammenhang mit dem Rückbau der Anlagen nach der Nutzung kommen. Standort, Art, Wahl der Baumethode und Jahreszeit für den Bau/Betrieb der konkreten

Projekte sind nicht bekannt. Aufgrund der fehlenden Informationen kann eine erhebliche Auswirkung auf die nach § 3 geschützte Natur nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf nach § 3 geschützte Natur in Form von Flächenverlusten und CO<sub>2</sub>-Leckagen im Bereich der Injektionsbrunnen ausgeschlossen werden können. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es zudem als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

#### 2.3.2.4 Sonstige Natur

Viele Arten sind indirekt über das Naturschutzgesetz geschützt, das ihren Lebensraum schützt. Einige Arten stehen zudem gemäß der Artenschutzverordnung unter Schutz, da sie vom Aussterben bedroht sind. Geschützte Arten dürfen nicht ohne Genehmigung gesammelt oder umgesiedelt werden. Die dänische Rote Liste enthält Arten, deren Gefährdungsstatus bewertet wurde. Die Speicherung von CO<sub>2</sub> an Land kann Auswirkungen auf geschützte Arten und ihre Lebensräume haben. Durch die Anforderungen einer Einzelprüfung bestimmter Projekte wird jedoch davon ausgegangen, dass erhebliche Auswirkungen auf Arten der Roten Liste vermieden werden können. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

#### 2.3.2.5 Bau- und Schutzlinien

Die Durchführungsverordnung eröffnet die Möglichkeit, Pilot- und Demonstrationsprojekte anzusiedeln, bei denen nicht von der Hand zu weisen ist, dass es durch die Pilot- und Demonstrationsprojekte zu vorübergehenden Beeinträchtigungen von Flächen innerhalb von Bau- und Schutzlinien kommen kann. Der Plan gibt keine bestimmten Gebiete für die Projekte vor. Im weiteren Planungsverlauf können geeignete Gebiete ausgewählt werden, bei denen eine Beeinträchtigung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ausgeschlossen werden kann.

Die Pilot- und Demonstrationsprojekte können grundsätzlich innerhalb einer oder mehrerer der genannten Bau- und Schutzlinien umgesetzt werden. Es bedarf jedoch einer konkreten Prüfung, ob das jeweilige Projekt mit Landschaftsinteressen oder sonstigen Naturschutzinteressen kollidiert, die durch die jeweilige(n) Linie(n) geschützt werden sollen. Die Auswirkungen müssen für jedes Pilot- und Demonstrationsprojekt bewertet werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass es möglich ist, die Pilot- und Demonstrationsprojekte entsprechend den Überlegungen anzuordnen und anzupassen.

Wird ein Projekt innerhalb einer oder mehrerer der genannten Bau- und Schutzlinien umgesetzt, muss für die jeweiligen Bau- und Schutzlinien eine Ausnahmegenehmigung bzw. Reduzierung beantragt werden.

### 2.3.3 Meeresstrategie

Dänemarks Meeresstrategie ist Teil der Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie der EU und hat das übergeordnete Ziel, einen guten Umweltzustand in den dänischen Meeresgebieten zu erreichen oder aufrechtzuerhalten. Die Strategie gilt für Meeresgebiete von der Küstenlinie bis zu 200 Seemeilen von der Küste und deckt sowohl das Hoheitsgewässer als auch die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) ab, umfasst jedoch nicht die Küstengebiete für die Parameter, die auch unter das Gesetz über Umweltziele und das Wasserplanungsgesetz fallen. Die Meeresstrategie ist auf sechsjährige Zeiträume angelegt und besteht aus drei Hauptelementen: einer Analyse der Ausgangssituation (Zustandsbewertung und Festlegung von Umweltzielen), einem Überwachungsprogramm und einem Aktionsprogramm. Zum Zeitpunkt der Anfertigung dieses Berichts war die

Meeresstrategie III (2024–2030) noch nicht vollständig veröffentlicht, daher bilden der in der Meeresstrategie II beschriebene Umweltzustand und die Umweltziele die primäre Grundlage.

Die Strategie verwendet elf Deskriptoren zur Bewertung des Umweltzustands des Meeres: Biologische Vielfalt (D1), nicht einheimische Arten (D2), kommerziell genutzte Fischbestände (D3), marines Nahrungsnetz (D4), Eutrophierung (D5), Unversehrtheit des Meeresbodens (D6), hydrografische Veränderungen (D7), Schadstoffe (D8), Schadstoffe in Fischen und Meeresfrüchten für den menschlichen Verzehr (D9), Meeresmüll (D10) und Unterwasserlärm (D11). Die Bewertungen basieren auf Bewertungen der Wasser- und Wasserplanung sowie der marinen Biodiversität (einschließlich der Anhang-IV-Arten, der Natura-2000-Gebiete und sonstiger mariner Natur).

Auswirkungen auf die Deskriptoren der Meeresstrategie können durch impulsartigen und anhaltenden Lärm, Sedimenteintrag, Schadstoffe und Lebensraumverlust entstehen. Es wird jedoch nicht bei allen Deskriptoren davon ausgegangen, dass sie betroffen sind, darunter auch D5, D7 und D10. Ohne Informationen zum Standort und der Baumethode der endgültigen Projekte können Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen, Anhang IV-Arten und Natura-2000-Gebiete und somit auch Auswirkungen auf die Meeresstrategie-Deskriptoren D1, D4 und D6 nicht unbedingt ausgeschlossen werden. Generell wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen zur Umsetzung der Änderungen der Durchführungsverordnung gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen ausgeschlossen werden können. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in den Meeresgebieten nicht behindern.

Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich auf dieser gesamtstrategischen Ebene nicht beurteilen. Es wird jedoch auf die für Anhang IV-Arten und Natura-2000-Gebiete beschriebenen potenziellen kumulativen Auswirkungen als Beispiel verwiesen, da diese möglicherweise Auswirkungen auf die Umweltziele und -bemühungen der Meeresstrategie haben könnten. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten der dänischen Meeresstrategie kommt.

Die Auswirkungen der elf Deskriptoren unterscheiden sich nicht über die Grenzen hinweg. Die potenziellen Auswirkungen sind ebenso in benachbarten Gewässern außerhalb Dänemarks zu erwarten. Die vorliegende übergeordnete Bewertung der Auswirkungen auf die Deskriptoren der Meeresstrategie gilt daher auch für diese und wird als über die Grenzen hinweg vergleichbar angesehen. Die Auswirkungen auf die Meeresstrategie durch die Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie durch die Länder müssen im Zusammenhang mit der Genehmigung künftiger spezifischer Pilot- und Demonstrationsprojekte für die entsprechenden Gebiete abschließend bewertet werden.

### **2.3.4 Bevölkerung und Sachgüter**

#### *2.3.4.1 Landnutzung*

Durch die Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten kann die Nutzung von Meeres- und Landflächen vorübergehend beeinträchtigt werden. An Land kann es erforderlich sein, kleinere Flächen für Zufahrtsstraßen, technische Anlagen und temporäre Installationen zu nutzen. Dies kann dazu führen, dass landwirtschaftliche Flächen vorübergehend nicht bewirtschaftet werden können oder sich der Zugang zu Flächen ändert. Auf See kann es im Rahmen der Durchführung von Pilot- und Demonstrationsprojekten zu zeitweise eingeschränkten

Zugangsbeschränkungen zu Gebieten kommen, in denen normalerweise Schifffahrt, Rohstoffgewinnung oder Freizeitaktivitäten wie Segeln und Angeln stattfinden.

Während der Betriebsphase werden die Anlagen bis zu zwei Jahre lang genutzt. Lediglich die technischen Anlagen an der Oberfläche haben Auswirkungen auf die Landnutzung. Die eigentliche Speicherung des CO<sub>2</sub> erfolgt tief unter der Erde und hat keinen Einfluss auf die Nutzung der Fläche an der Oberfläche, etwa für Landwirtschaft und Rohstoffgewinnung. Es ist nicht vorgesehen, dass Pipelines oder andere dauerhafte Infrastrukturen errichtet werden. Nach Abschluss des Projekts werden die Anlagen entfernt und die Gebiete können wieder wie zuvor genutzt werden. Im Hinblick auf den Schiffsverkehr und die Sicherheit, auch auf internationalen Routen, werden Anlagen auf See gemäß internationalen Standards (IALA) gekennzeichnet.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die Projekte lediglich zu lokalen und vorübergehenden Änderungen der Landnutzung, einschließlich des Schiffsverkehrs, führen werden und dass diese Änderungen nicht erheblich sein werden. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es zu keinen grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen kommt. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

#### 2.3.4.2 Kommerzielle Fischerei

Die Auswirkungen auf die Fischerei müssen im Zusammenhang mit dem dänischen Fischereigesetz gesehen werden. Ziel des Gesetzes ist es, eine nachhaltige Grundlage für die kommerzielle Fischerei und damit verbundene Industriezweige sowie die Möglichkeit der Freizeitfischerei zu schaffen. Dies soll durch ein Management erreicht werden, das den Schutz und die Erholung der lebenden Ressourcen in Salz- und Süßwasser sowie den Schutz anderer Tier- und Pflanzenarten gewährleistet.

In Dänemark wird kommerzieller Fischfang sowohl mit aktivem als auch mit passivem Fanggerät betrieben und die Fischerei wird durch das Fischereigesetz geregelt. Es bestehen gesetzliche Anforderungen für Verhandlungen zwischen dem Bauträger und den Berufsfischern sowie für eine Entschädigung, wenn die Aktivitäten zu finanziellen Verlusten führen.

Durch die Änderung der Durchführungsverordnung können sich örtliche Einschränkungen der Landnutzung aufgrund von Einschränkungen der Fischerei infolge der Einrichtung örtlicher Sperrgebiete (Sicherheitszonen) aus Gründen der Schifffahrtssicherheit und der Anlagen ergeben. Für die meisten Fangmethoden dürften die Auswirkungen örtlich begrenzt und kurzfristiger Natur sein, während diese Beschränkungen für bestehende Fischereiinstallationen mit Grundsleppnetzen in geringerem Maße fortbestehen dürfen. Die vorübergehenden Auswirkungen auf Fangmethoden mit passivem Fanggerät und ohne Grundsleppnetze werden für die kommerzielle Fischerei mit Grundsleppnetzen vernachlässigbar und geringfügig sein. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Umsetzung der Durchführungsverordnung keine erheblichen Auswirkungen auf die kommerzielle Fischerei in Dänemark oder den Nachbarländern haben wird. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es zu keinen grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen kommt. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

#### 2.3.5 Menschliche Gesundheit

### 2.3.5.1 *Lärm und Erschütterungen*

Während der Bauphase von Pilot- und Demonstrationsprojekten kann es zu vorübergehenden Lärm- und Erschütterungsbelastungen durch Baumaschinen, Verkehrsmittel und technische Geräte kommen. Ausmaß und Art des Lärms hängen vom konkreten Standort des Projekts, der Größe der Anlage und den örtlichen Gegebenheiten ab. Die Bauarbeiten werden voraussichtlich vorübergehend sein und unterliegen den kommunalen Vorschriften und den aktuellen Praktiken zur Lärmbekämpfung durch Bautätigkeiten. Es wird davon ausgegangen, dass die Lärmelastung während der Bauphase durch Planung und Einhaltung der entsprechenden Lärmgrenzwerte begrenzt werden kann und dass die Belastung daher lokal, vorübergehend und nicht erheblich sein wird.

Während der Betriebsphase kann es zu Lärmelastigungen durch technische Anlagen wie Kompressoren und Pumpen kommen, die zur Injektion und Überwachung von CO<sub>2</sub> eingesetzt werden. Der Lärmpegel hängt von der Bauart und dem Betrieb der Anlage ab. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Anlagen die Richtwerte der dänischen Umweltschutzbehörde für Lärmgrenzwerte für Unternehmen einhalten. Es wird davon ausgegangen, dass die Lärmelastung während der Betriebsphase durch technisches Design und Standort so gesteuert werden kann, dass keine erhebliche Belästigung der Umgebung entsteht.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Pilot- und Demonstrationsprojekte ohne erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit infolge von Lärm und Erschütterungen umgesetzt werden können, wenn die Projekte im Einklang mit den geltenden Vorschriften und Praktiken geplant und geregelt werden. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

### 2.3.5.2 *Luft, Geruch und Emissionen*

Während der Bauphase von Pilot- und Demonstrationsprojekten kann es zu vorübergehenden Luftemissionen durch Baumaschinen und Materialtransport per LKW oder Schiff kommen. Die Emissionen bestehen hauptsächlich aus Feinstaub, Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), die die lokale Luftqualität beeinträchtigen können, insbesondere in Gebieten mit geringem Luftaustausch oder in der Nähe sensibler Nutzungen wie Wohnhäusern. An Land und auf See werden die Emissionen als vorübergehend und von begrenztem Ausmaß eingeschätzt und es wird nicht erwartet, dass sie erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben. Während der Stilllegungsphase werden die Emissionen mit denen während der Bauphase vergleichbar sein und ebenfalls als vorübergehend und nicht erheblich eingeschätzt.

Während der Betriebsphase entstehen die Luftemissionen hauptsächlich durch den Transport von flüssigem CO<sub>2</sub> per LKW oder Schiff. Der Transport wird voraussichtlich nur begrenzten Umfang haben und überwiegend über das allgemeine Straßennetz erfolgen. Das Risiko einer unbeabsichtigten Freisetzung von CO<sub>2</sub> während des Transports oder aus Lagerstätten ist gering, sofern geeignete technische Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden, um das Risiko zu minimieren und solche Vorfälle wirksam zu bewältigen. CO<sub>2</sub> ist ein geruchloses Gas. Bei Pilot- und Demonstrationsprojekten sind keine erheblichen Geruchsbelästigungen zu erwarten, da bei den Projekten lediglich CO<sub>2</sub> gespeichert wird, das nicht mit Geruchsemissionen verbunden ist.

Insgesamt werden die Luftemissionen und etwaigen Geruchsbelästigungen während der Bau-, Betriebs- und Stilllegungsphase als vorübergehend, lokal und von begrenztem Ausmaß und somit als nicht erheblich eingeschätzt. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

### 2.3.5.3 Risiko schwerer Unfälle und Katastrophen

Dänemark ist durch die EU und eine Reihe internationaler Abkommen verpflichtet, bestimmte Sicherheitsanforderungen im Zusammenhang mit der unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speicherung einzuhalten. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen dieses Umweltaspekts umfasst sowohl Dänemark als auch die angrenzenden Nachbarländer, da sich die Auswirkungen über die Grenzen hinweg nicht unterscheiden.

Zu den potenziellen Auswirkungen an Land und auf See zählen Auswirkungen im Zusammenhang mit der Bohrung von Test- und Injektionsbohrungen, dem Transport und der vorübergehenden Speicherung von CO<sub>2</sub>, Auswirkungen im Zusammenhang mit der Speicherung sowie die CO<sub>2</sub>-Freisetzung im Falle eines Geräteausfalls oder einer Leckage im Bohrloch. Beim Bohren können Kohlenwasserstoffblasen oder natürliche CO<sub>2</sub>-Vorkommen im Untergrund punktiert werden, was zu einem Blowout führen kann. Auch während der Betriebsphase kann es zu Blowouts kommen. Blowouts können Brände, Explosionen und Umweltverschmutzung verursachen, während größere CO<sub>2</sub>-Emissionen lebensgefährlich sein können. Auch der Transport und die Speicherung von CO<sub>2</sub> in temporären Tanks birgt Risiken, da das Gas gekühlt und unter hohem Druck gelagert wird. Bei einem plötzlichen Ausfall der Lagertanks kommt es zu einer größeren Freisetzung, die den Sauerstoff in der Atmosphäre verdrängen und möglicherweise zum Erstickern führen kann. Bei CO<sub>2</sub>-Freisetzungen im Zusammenhang mit einem Blowout birgt CO<sub>2</sub> dieselben Risiken wie ein plötzlicher Ausfall von Lagertanks, bei dem das CO<sub>2</sub> den Sauerstoff in der Atmosphäre verdrängt und Erstickung und andere Verletzungen verursacht.

Im dänischen Untergrund sind keine natürlichen CO<sub>2</sub>-Vorkommen bekannt. Vor neuen Bohrungen werden seismische Untersuchungen durchgeführt, um etwaige Risiken zu ermitteln. Bei Pilot- und Demonstrationsprojekten wird erwartet, dass bekannte Sicherheitsmaßnahmen wie „Blowout-Preventer“ zum Einsatz kommen, wodurch die Wahrscheinlichkeit eines Blowouts sehr gering wird. Im Falle eines Unfalls kann eine CO<sub>2</sub>-Leckage während des Transports oder aus Lagertanks Sauerstoff verdrängen und zum Erstickern führen. Allerdings wird erwartet, dass das Ausmaß einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung auf dänischen Straßen oder in Meeresgebieten aufgrund der erwarteten Kapazitäten sowohl der CO<sub>2</sub>-Tanks als auch der kommerziellen CO<sub>2</sub>-Schiffe begrenzt sein wird. Es gibt keine dokumentierten Fälle einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus dem Untergrund und die Wahrscheinlichkeit einer Freisetzung aus geologischen Reservoirs wird als minimal eingeschätzt. Mehrere Projekte haben über mehrere Jahre hinweg die Sicherheit der CO<sub>2</sub>-Speichertechnologie unter Beweis gestellt, daher werden die Auswirkungen schwerer Unfälle und Katastrophen in Dänemark und den Nachbarländern als nicht erheblich eingeschätzt.

Unter bestimmten geomechanischen Bedingungen kann die Injektion und Speicherung von CO<sub>2</sub> zu einer Verformung der darüber liegenden geologischen Schichten führen, wodurch möglicherweise die strukturelle Integrität des Reservoirs beeinträchtigt wird und es zu einer Hebung der Oberfläche kommt. Darüber hinaus kann die Bildung von Kohlensäure im Porenwasser zu einer chemischen Zersetzung und mechanischen Schwächung des Reservoirmaterials führen, was die Verdichtung fördern kann. Allerdings werden diese Auswirkungen als marginal und unter normalen Betriebsbedingungen als unwahrscheinlich eingeschätzt. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

## 2.3.6 Boden und Bodenverunreinigungen

### 2.3.6.1 Böden

Der Boden besteht aus den oberen Erdschichten und spielt eine wichtige Rolle im Wasser- und Nährstoffkreislauf sowie beim Abbau organischer Stoffe und ist somit entscheidend für die Nutzung der Landschaft,

beispielsweise für die Landwirtschaft, Forstwirtschaft oder Natur. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen dieses Umweltaspekts umfasst sowohl Dänemark als auch die angrenzenden Nachbarländer, da sich die Auswirkungen über die Grenzen hinweg nicht unterscheiden.

Die Errichtung der Anlagen für Pilot- und Demonstrationsprojekte wird Auswirkungen auf den Boden vor Ort haben, da voraussichtlich Flächen von etwa 0,5 bis 2 Hektar pro Projekt von Vegetation befreit und durch Abtragungen der oberen Bodenschicht eingegeben werden müssen. Dies kann zu Erosion und Verlust von organischem Material führen. Die Auswirkungen sind jedoch nur vorübergehend und die Gebiete werden sich voraussichtlich nach der maximal zweijährigen Betriebsphase des Projekts erholt haben. Der Verkehr durch schwere Fahrzeuge kann außerdem zu einer Bodenverdichtung führen, die sich negativ auf die Vegetation auswirken kann. Diese Auswirkung gilt jedoch als vorübergehend und reversibel.

Es besteht die Gefahr einer Bodenkontamination durch Öl-, Bohrspülungs- oder Chemikalienleckagen, doch dürften derartige Leckagen gering und überschaubar sein. Eine CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch das Bohrloch oder durch Risse bzw. Verwerfungen im Untergrund könnte möglicherweise zu einer Versauerung des Bodens führen und den pH-Wert und die Nährstoffzusammensetzung des Bodens beeinträchtigen. Die Wahrscheinlichkeit eines Austretens wird jedoch als sehr gering eingeschätzt und etwaige Auswirkungen werden lokal begrenzt und reversibel sein. Am Ende der Betriebszeit werden die Bohrlöcher geschlossen und das Risiko einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung nach der Stilllegung wird als äußerst gering eingeschätzt. Insgesamt werden die Auswirkungen der Projekte auf den Boden in Dänemark und den angrenzenden Ländern als gering und nicht erheblich eingeschätzt. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

### 2.3.6.2 Bodenverunreinigungen

Während der Bauphase werden möglicherweise Erdarbeiten im Zusammenhang mit Planierungs- und Aushubarbeiten in kartierten Altlastengebieten mit V1- und V2-Klassifizierung durchgeführt. In Gebieten mit registrierter Verunreinigung muss ein Bodenmanagementplan für den ordnungsgemäßen Umgang mit dem Boden erstellt werden. Sauberer und leicht kontaminierte Boden kann wiederverwertet oder entsorgt werden, während stark kontaminierte Boden bei einem zugelassenen Empfänger entsorgt werden muss. Durch die Einhaltung der geltenden Vorschriften wird davon ausgegangen, dass negative Auswirkungen vermieden werden können und das Risiko von Umweltauswirkungen als vernachlässigbar einzustufen ist.

Während der Bauphase besteht möglicherweise die Gefahr, dass Erdölprodukte und Chemikalien austreten. Es wird jedoch erwartet, dass derartige Leckagen gering und überschaubar bleiben. Es wird ein Notfallplan für den Umgang mit ausgetretenen Stoffen erstellt und im Falle einer Kontamination werden die Behörden kontaktiert. Bei Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen und wirksamer Maßnahmen wird das Risiko einer Bodenverunreinigung als nicht erheblich eingeschätzt und es wird als wahrscheinlich eingeschätzt, dass künftige Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen und Projekten oder zu grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen kommt.

## 2.3.7 Landschaft

### 2.3.7.1 Landschafts- und optische Bedingungen, einschließlich Licht

Im Zusammenhang mit der Bauphase der konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekte kann es zu vorübergehenden optischen und landschaftlichen Auswirkungen kommen, auch auf die Küstenlandschaft und die

Küstenzone, deren Ausmaß von der konkreten Umsetzung des Projekts, dem Standort, der Entfernung von der Küste, dem Landschaftstyp, dem Landschaftsraum, der vorhandenen Bepflanzung usw. abhängt. Die konkreten Projekte können der Einschätzung nach so umgesetzt werden, dass die Auswirkungen auf die optischen und landschaftlichen Bedingungen vorübergehend, lokal und nicht erheblich sind, wenn optische Werte, der Zustand der Landschaft, die Robustheit, der Erlebniswert und die besonderen Merkmale des konkreten Landschaftstyps berücksichtigt werden.

Während der Betriebsphase können Pilot- und Demonstrationsprojekte vorübergehende Auswirkungen von bis zu zwei Jahren auf den optischen Ausdruck und die Landschaftswerte haben. Die Auswirkungen hängen davon ab, wo die Anlagen platziert werden und wie sie sich in die Umgebung einfügen. In Küstengebieten können die Anlagen zwar aus größerer Entfernung sichtbar sein, jedoch wird hier eine Reduzierung der Auswirkungen durch Berücksichtigung der besonderen Merkmale, der Aussicht und der Erlebniswerte des Gebiets für möglich gehalten, sodass die besonderen Qualitäten der Landschaft erhalten bleiben. Aufgrund des vorübergehenden Charakters und der Möglichkeit einer Standortanpassung werden die Umweltauswirkungen als lokal, vorübergehend und nicht erheblich bewertet.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die Änderung der Durchführungsverordnung vorübergehende, lokale und nicht erhebliche Auswirkungen auf die optischen und landschaftlichen Bedingungen hat. Gleichzeitig wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten oder grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen kommt.

### **2.3.8 Klima**

Der Verbrauch fossiler Brennstoffe für Schiffe und Maschinen im Rahmen der Umsetzung der konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekte trägt allein nur in vernachlässigbarem Maße zu den nationalen Treibhausgasemissionen und damit zur globalen Klimabelastung bei. Die Umsetzung des Geltungsbereichs der Durchführungsverordnung mit erweiterten geografischen Möglichkeiten für die Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten wird als positiver Beitrag zur Wissensgrundlage für die künftige Entwicklung umfassender CO<sub>2</sub>-Lagerstätten angesehen, was langfristig einen gewissen positiven Einfluss auf das Klima als grenzüberschreitenden Umweltfaktor haben dürfte. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gilt es als wahrscheinlich, dass die Projekte in Zukunft in Dänemark und über die Grenzen hinweg zu positiven Auswirkungen auf das Klima beitragen werden, und zwar in Wechselwirkung mit anderen Initiativen für die grüne Transformation, die Reduzierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen usw. Auf dieser allgemeinen strategischen Ebene ist es jedoch nicht möglich, das genaue Ausmaß der positiven kumulativen Auswirkungen zu beurteilen.

### **2.3.9 Maritimer Raumordnungsplan**

Der maritime Raumordnungsplan wird durch das dänische Gesetz über die maritime Raumordnung geregelt und umfasst das gesamte dänische Meeresgebiet (Hoheitsgewässer und AWZ). Er unterteilt das Meer in Zonen: Entwicklungszonen, Sondernutzungszonen, Natur- und Umweltschutzgebiete sowie allgemeine Nutzungszonen. Der maritime Raumordnungsplan sieht fünf Entwicklungszonen für die CO<sub>2</sub>-Speicherung vor. Eine Änderung des Gesetzes über die maritime Raumordnung vom 27. Mai 2025 ermöglicht Ausnahmen von den Bestimmungen des maritimen Raumordnungsplans, sodass Pilot- und Demonstrationsprojekte zur CO<sub>2</sub>-Speicherung mit entsprechender Ausnahmeregelung auch außerhalb der ausgewiesenen Zonen umgesetzt werden können. Besonders hervorzuheben ist jedoch das Helsinki-Übereinkommen (HELCOM), das derzeit dazu führt, dass eine CO<sub>2</sub>-Speicherung im von HELCOM abgedeckten Ostseeraum nicht unmittelbar möglich ist. Daher können Pilot- und

Demonstrationsprojekte in der Ostsee erst dann genehmigt werden, wenn zwischen den Vertragsparteien des Übereinkommens eine Einigung über eine andere Auslegung oder Änderung des im Übereinkommen verankerten Verklappungsverbots erzielt wird.

### 3. CO<sub>2</sub>-Speicherung

#### 3.1 Politische Abkommen

Eine steigende CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre verstärkt den Treibhauseffekt und damit den Klimawandel. Dies führt zu höheren Durchschnittstemperaturen, veränderten Niederschlagsmustern, einem Anstieg des Meeresspiegels und einer erhöhten Häufigkeit extremer Wetterereignisse (Europa Kommisionen, u.d.).

Um diesen Folgen zu begegnen, wurden auf internationaler Ebene zahlreiche politische Abkommen geschlossen, deren Ziel es ist, die CO<sub>2</sub>-Menge in der Atmosphäre zu begrenzen und so die Erderwärmung zu verlangsamen. Eines der wichtigsten Abkommen ist das Pariser Klimaabkommen von 2015, das im Rahmen des Rahmeneubereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) verabschiedet wurde. Darin haben sich die Vertragsparteien verpflichtet, den globalen Temperaturanstieg unter 2 Grad zu halten und eine Begrenzung auf 1,5 Grad anzustreben. Das Abkommen bildet den Gesamtrahmen für internationale Klimaschutzmaßnahmen und betont die Notwendigkeit einer umfassenden Reduzierung der Treibhausgasemissionen in allen Sektoren (United Nations Climate Change, u.d.). Auf EU-Ebene verpflichtet das Gesetzespaket „Fit for 55“ die Mitgliedsstaaten, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu senken. Dies stellt ein zentrales Element der EU-Strategie zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 dar (Europa Kommissionen, 2023).

Viele Emissionen können durch Energieeffizienz, Elektrifizierung und die Nutzung erneuerbarer Energien reduziert werden. Es gibt jedoch Bereiche, in denen diese Lösungen nicht ausreichen. Dies gilt insbesondere für industrielle Prozesse wie die Zement- und Stahlproduktion, die Energieerzeugung auf Basis fossiler Brennstoffe und die Müllverbrennung. In diesen Fällen sind CCS-Technologien erforderlich, um sicherzustellen, dass die Emissionen in dem Maße reduziert werden, wie es zur Erreichung der nationalen und internationalen Klimaziele erforderlich ist (Energistyrelsen , u.d.). Dänemark hat CCS daher in seine Klimapolitik integriert. Mit dem dänischen Klimaabkommen für Energie und Industrie ab 2020 wurde CCS als notwendige Technologie zur Erreichung der dänischen Klimaziele anerkannt. In den Jahren 2021 und 2022 wurden politische Abkommen zur CCS-Strategie (Fahrplan für die Abscheidung, den Transport und die Speicherung von CO<sub>2</sub>) getroffen, die Förderprogramme, Gesetzgebung und Infrastrukturrentwicklung umfasst. Der Strategie folgten politische Abkommen zu den Rahmenbedingungen für die CO<sub>2</sub>-Speicherung und CCS. Insgesamt stellen die politischen Abkommen und Klimaziele einen starken Anreiz für die Entwicklung und Umsetzung der CCS-Technologie sowohl in Dänemark als auch in der EU dar (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2025).

#### 3.2 Regulierung der CO<sub>2</sub>-Speicherung

Die CO<sub>2</sub>-Speicherung wird sowohl auf EU- als auch auf nationaler Ebene geregelt. Die EU-Richtlinie über die geologische Speicherung von Kohlenstoffdioxid<sup>7</sup> (CCS-Richtlinie) setzt den Rahmen für eine umweltverträgliche geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> als Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels, vgl. Art. 1. Die CCS-Richtlinie

---

<sup>7</sup> EU-Richtlinie 2009/31/EG vom 23. April 2009 über die geologische Speicherung von Kohlendioxid und zur Änderung der Richtlinie des Rates, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:32009L0031>

legt Anforderungen an Genehmigungen, Überwachung, Verpflichtungen hinsichtlich Betrieb, Stilllegung und Nachbehandlung sowie die Verantwortung für die Speichertätigkeiten fest. Die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> mit einer geplanten Gesamtspeicherkapazität von weniger als 100 kt, die Forschungszwecken bzw. der Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte und Verfahren dient, ist von der CCS-Richtlinie ausgenommen, vgl. Art. 2, Abs. 2. Die unter die Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte fallenden Tätigkeiten sind daher von den Anforderungen der CCS-Richtlinie ausgenommen.

Die CCS-Richtlinie wurde im dänischen Bodenschutzgesetz umgesetzt,<sup>8</sup> das die Nutzung des dänischen Bodens regelt. Das Bodenschutzgesetz enthält Bestimmungen zur Exploration und Speicherung von CO<sub>2</sub>, darunter Anforderungen für Genehmigungen, Pflichten in Bezug auf Betrieb, Stilllegung und Nachbehandlung, Risiken, Überwachung usw. Die Bestimmungen zur CO<sub>2</sub>-Speicherung gelten nicht für Pilot- und Demonstrationsprojekte. Diese werden stattdessen in der Durchführungsverordnung zu Pilot- und Demonstrationsprojekten geregelt, vgl. §§ 23e und 23x des Bodenschutzgesetzes.

Bei der Genehmigung konkreter Pilot- und Demonstrationsprojekte müssen die Behörden darauf achten, dass die geltenden Umweltvorschriften eingehalten werden. Die Projekte unterliegen einer Reihe von Anforderungen, die sich sowohl aus nationalem als auch aus EU-Recht ergeben, darunter das dänische Gesetz über die Umweltprüfung, das die UVP-Richtlinie umsetzt, sowie die Wasserrahmenrichtlinie, die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, die FFH-Richtlinie und die Vogelschutzrichtlinie. Diese Vorschriften stellen Anforderungen an die Prüfung der Auswirkungen des Projekts auf Umwelt, Natur und Gewässer und müssen in die behördlichen Überlegungen auf Projektebene einbezogen werden.

Im Ostseeraum müssen die Projekte auch im Hinblick auf Dänemarks internationale Verpflichtungen im Rahmen des Helsinki-Übereinkommens (HELCOM) bewertet werden, das auf den Schutz der Meeresumwelt abzielt und derzeit keine CO<sub>2</sub>-Speicherung erlaubt. Darüber hinaus muss der Standort der CCS-Aktivitäten im Einklang mit dem dänischen maritimen Raumordnungsplan stehen, der Entwicklungszonen für die CO<sub>2</sub>-Speicherung ausgewiesen hat, außerhalb derer die CO<sub>2</sub>-Speicherung grundsätzlich nicht zulässig ist. Für Pilot- und Demonstrationsprojekte ist es jedoch möglich, eine Ausnahmegenehmigung vom maritimen Raumordnungsplan zu erhalten, sofern dem Standort des Projekts keine anderen räumlichen Interessen entgegenstehen.

### **3.3 CCS-Technologie (Wertschöpfungskette)**

Carbon Capture and Storage (CCS) umfasst eine integrierte Reihe von Technologien, bei denen CO<sub>2</sub> aus industriellen oder energiebezogenen Emissionsquellen wie Kraftwerksschornsteinen, Biogasanlagen, Müllverbrennungsanlagen usw. gesammelt und anschließend zur unterirdischen Speicherung transportiert wird. Die CO<sub>2</sub>-Abscheidung kann auch direkt aus der Luft (Direct Air Capture) und aus dem Meer (Direct Ocean Capture) erfolgen. Allerdings haben sich diese Technologien bisher als energieintensiv und teuer erwiesen und sind daher bei Weitem nicht so weit verbreitet wie die Abscheidung aus Punktquellen.

Die Wertschöpfungskette für CCS-Projekte verläuft grundsätzlich in drei Phasen, die im Folgenden skizziert werden (Energistyrelsen, 2025).

---

<sup>8</sup> Durchführungsverordnung Nr. 1461 vom 29.11.2023, Verordnung zur Nutzung des dänischen Bodens, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2023/1461>

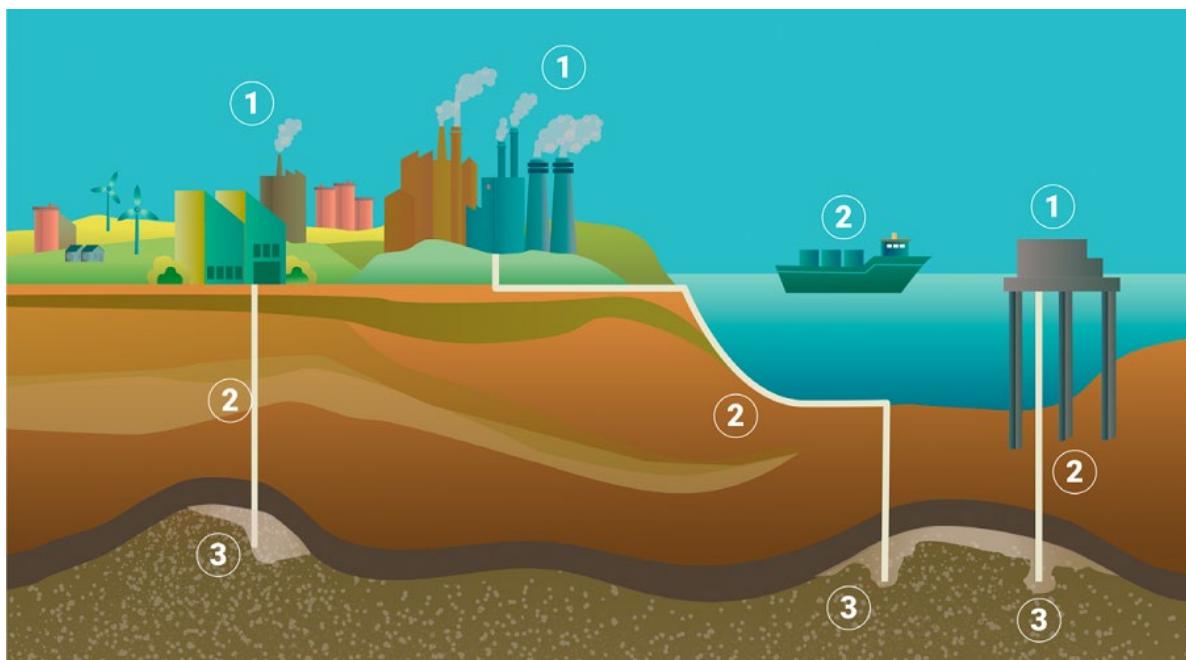


Abb. 3.1: Anschauliche Darstellung des Zusammenspiels der CCS-Wertschöpfungskette, also Abscheidung, Transport und Speicherung (Illustration: GEUS) (Energistyrelsen, 2025).

1. Im ersten Schritt der Wertschöpfungskette wird CO<sub>2</sub> durch Filterung des Rauchgases und Trennung der CO<sub>2</sub>-Quellen abgeschieden, typischerweise über einen chemischen oder physikalischen Absorptionsprozess (Wäsche) oder eine Adsorptionstechnologie.
2. Im zweiten Schritt wird das CO<sub>2</sub> gekühlt und verdichtet und über eine Pipeline, ein Schiff, einen LKW oder ein anderes Transportmittel zu einem geeigneten Reservoir (Speicher) transportiert.
3. Im dritten Schritt der Wertschöpfungskette wird das CO<sub>2</sub> in ein überkritisches Fluid umgewandelt, bevor es in das unterirdische Reservoir (Speicher) gepumpt wird. Die Durchführungsverordnung über Pilot- und Demonstrationsprojekte umfasst lediglich zeitlich begrenzte Forschungsprojekte zur CO<sub>2</sub>-Speicherung, also dem dritten Schritt der Wertschöpfungskette.

Die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus Punktquellen kann in Industrieanlagen wie Müllverbrennungsanlagen, Zementfabriken, Elektrizitäts- und Fernwärmekraftwerken sowie Biogasanlagen erfolgen. Unternehmen, deren Produktion Rauchgase erzeugt, können CO<sub>2</sub> durch ein chemisches Waschverfahren abscheiden. Dabei werden die Rauchgase durch eine Absorptionsanlage geleitet, wo sie mit einem Lösungsmittel in Kontakt kommen. Dabei bindet sich CO<sub>2</sub> an das Lösungsmittel, das später erhitzt wird, um CO<sub>2</sub> für die weitere Handhabung und den Transport freizusetzen. Andere Unternehmen, wie z. B. Biogasanlagen, können CO<sub>2</sub> von Biogas durch eine Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität abscheiden (Energistyrelsen, 2025).

Sobald das CO<sub>2</sub> abgeschieden ist, wird es gekühlt und komprimiert. Im zweiten Schritt wird CO<sub>2</sub> in flüssiger Form unter Druck zu einer dafür vorgesehenen Lagerstätte transportiert. An Land wird CO<sub>2</sub> beispielsweise per Pipeline, Zug oder LKW transportiert, auf See hingegen per Schiff oder Pipeline. In der Lagerstätte wird das CO<sub>2</sub> normalerweise in temporäre Lagertanks entladen, bevor es weiter komprimiert und unter die Erde (Reservoir)

gepumpt wird. Über Pipelines zu Lagerstätten transportiertes CO<sub>2</sub> wird üblicherweise zusätzlich komprimiert, bevor es direkt in den Boden injiziert wird.

Der dritte Schritt besteht darin, das CO<sub>2</sub> in den Untergrund, z. B. in durchlässige Sandsteinschichten, zu pumpen<sup>4</sup>. Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> wird typischerweise 1.000 bis 3.000 m unter die Erdoberfläche gepumpt (Hjelm, et al., 2022). In Tiefen von mehr als etwa 800 m liegt CO<sub>2</sub> aufgrund des hohen Drucks und der hohen Temperatur in einem überkritischen Zustand vor. In diesem Zustand hat das CO<sub>2</sub> sowohl die Eigenschaften einer Flüssigkeit als auch eines Gases, wodurch es dichter wird und eine effizientere Speicherung ermöglicht wird. Die hohe Dichte und Viskosität von überkritischem CO<sub>2</sub> trägt im Vergleich zu gasförmigem CO<sub>2</sub> auch zu einem geringeren Risiko einer Aufwärtswanderung und einer Leckage bei (Chiquet, Daridon, Broseta, & Thibeau, 2007). Wird das CO<sub>2</sub> in einer Sandsteinschicht gelagert, müssen sich üblicherweise eine oder mehrere Tonsteinschichten über der Sandsteinschicht befinden, die das CO<sub>2</sub> im Untergrund abdichtet.

### **3.4 Potenzial für CO<sub>2</sub>-Speicherung in Dänemark**

Durch die Bedingungen im dänischen Boden, darunter das Vorhandensein geeigneter Sandstein- und Kalksteinreservoirs sowie darüber liegender Schichten aus undurchlässigem Gestein, kombiniert mit oft großen Strukturen, eignet er sich besonders gut für die Speicherung von CO<sub>2</sub> (Energistyrelsen, 2025).

Die Schätzungen zur CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität im dänischen Boden variieren erheblich. Der Geologische Dienst von Dänemark und Grönland (GEUS) schätzt, dass der dänische Untergrund ein Gesamtspeicherpotenzial von 12 bis 22 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> bietet, was dem 400- bis 700-Fachen der gesamten jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in ganz Dänemark auf dem derzeitigen Niveau entspricht (Energistyrelsen, 2025). Für die dänischen Öl- und Gasfelder in der Nordsee wird die gesamte CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität der Kalksteinreservoirs auf etwa 900 bis 1300 Mt geschätzt, während neue Schätzungen für die im Siri Canyon gruppierten Sandsteinreservoirs (Felder Cecilie, Nini und Siri) auf 150 bis 500 Mt geschätzt werden. Auch bei küstennahen Strukturen wie Hanstholm (ca. 4700 Mt) und Legin (ca. 1600 Mt) sowie bei Strukturen an Land wie Gassum (ca. 580 Mt), Røsnæs (430 Mt) und Voldum (850 Mt) wird die Speicherkapazität als hoch eingeschätzt (Hjelm, et al., 2022). Darüber hinaus wird in einer Reihe von noch nicht untersuchten Gebieten, darunter verschiedenen salzhaltigen Grundwasserleitern und küstennahen Strukturen sowie mehreren Gebieten in der Nordsee, ein erhebliches Potenzial gesehen.

In Dänemark wird der Großteil der geologischen Daten seit den 1950er Jahren im Zusammenhang mit der Kohlenwasserstoffforschung gesammelt, wobei sich sowohl hochwertige seismische Daten als auch Bohrdaten im Allgemeinen auf Öl- und Gasfelder beschränken. Neuere Daten, oft nach dem Jahr 2000, beziehen sich häufig auf Gebiete mit Potenzial für die geothermische Energieerzeugung (Hjelm, et al., 2022; Keiding, et al., 2024).

GEUS hat eine Übersichtskarte erstellt (Figur 3.1), die einen Überblick über die Standorte der dänischen CO<sub>2</sub>-emittierenden Punktquellen und geologischen Strukturen mit Potenzial für die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Dänemark bietet. Wie in der Abbildung dargestellt, gibt es Gebiete mit Potenzial für die CO<sub>2</sub>-Lagerung sowohl unter Land als auch unter dem Meer. Die meisten Gebiete liegen im Norden der Nordsee, in Mittel- und Nordjütland und im Meer südlich von Lolland-Falster, Fünen und Als. Die Punktquellendaten der Karte stammen aus dem Jahr 2018.

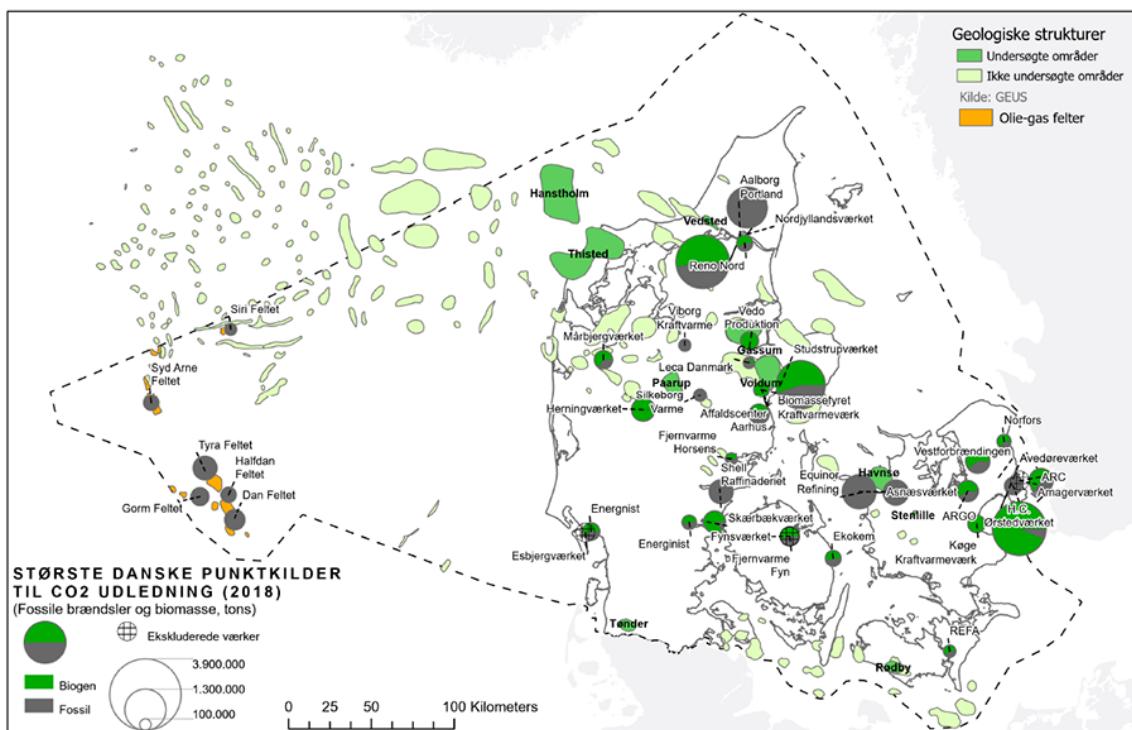


Abb. 3.2 Übersichtskarte der Punktquellen und potenziellen Speicherstrukturen in Dänemark (GEUS)

### 3.5 Pilot- und Demonstrationsprojekte – Aktivitäten gemäß der Durchführungsverordnung

#### 3.5.1 Geltungsbereich der Durchführungsverordnung

Die Durchführungsverordnung über Pilot- und Demonstrationsprojekte erlaubt die geologische Speicherung von bis zu 100 kt CO<sub>2</sub> für bis zu zwei Jahre, sofern sie Forschungszwecken bzw. der Entwicklung oder Erprobung neuer Technologien dient. Gemäß der aktuellen Durchführungsverordnung können Genehmigungen für Pilot- und Demonstrationsprojekte nur innerhalb eines genauer definierten Gebiets im dänischen Teil der Nordsee erteilt werden, vgl. Figur 3.3



Abb. 3.3 Karte aus Anhang 1 der Durchführungsverordnung.

Der Änderungsvorschlag der Durchführungsverordnung hebt diese geografische Beschränkung auf. Der geografische Geltungsbereich der Verordnung wird erweitert, sodass künftig Genehmigungen für Pilot- und Demonstrationsprojekte im gesamten Land- und Seegebiet Dänemarks beantragt werden können. Die Bestimmungen der Durchführungsverordnung werden nicht geändert.

Die CO<sub>2</sub>-Speicherung in einer Lagerstätte mit einem Speicherkomplex, der sich über das dänische Hoheitsgebiet, die dänische ausschließliche Wirtschaftszone und/oder den dänischen Festlandsockel hinaus erstreckt, ist jedoch nicht zulässig, vgl. § 1 Abs. 2 der Durchführungsverordnung. Zwar soll die Änderung der Durchführungsverordnung Pilot- und Demonstrationsprojekte begünstigen, doch muss berücksichtigt werden, dass andere nationale und internationale Vorschriften den Zugang zu Pilot- und Demonstrationsprojekten einschränken können. Besonders hervorzuheben ist das Helsinki-Übereinkommen (HELCOM), das derzeit besagt, dass keine CO<sub>2</sub>-Speicherung im von HELCOM abgedeckten Ostseeraum möglich ist. Daher können Pilot- und Demonstrationsprojekte in der Ostsee erst dann genehmigt werden, wenn zwischen den Vertragsparteien des Übereinkommens eine Einigung über eine andere Auslegung oder Änderung des im Übereinkommen verankerten Verklappungsverbots erzielt wird.

### **3.5.2 Rahmen der Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte**

Die Durchführungsverordnung schafft den rechtlichen und technischen Rahmen für Projekte zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> unter 100 kt zu Forschungszwecken bzw. zur Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte und Verfahren. Ziel ist die Förderung von CCS durch die Unterstützung von Forschung und technologischer Entwicklung.

Die dänische Energieagentur kann Pilot- und Demonstrationsprojekte für einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren genehmigen. Die Aktivitäten gemäß der Verordnung sind die Errichtung, der Betrieb und die Stilllegung von

CO<sub>2</sub>-Lagerstätten. Die Durchführungsverordnung regelt weder die CO<sub>2</sub>-Abscheidung noch den Aufbau von Infrastruktur usw.

Genehmigungen gemäß der Durchführungsverordnung müssen Informationen über den Standort und die Grenzen des Speicherstandorts und des Speicherkomplexes sowie die technischen Anforderungen für den Speicherbetrieb enthalten, einschließlich der zulässigen CO<sub>2</sub>-Menge, der Druckgrenzen und der Zusammensetzung des CO<sub>2</sub>-Flusses usw. Die dänische Energieagentur kann in der Genehmigung Bedingungen hinsichtlich Umweltschutz, Berichterstattung, finanzieller Sicherheit und Übertragung der Verantwortung festlegen. Genehmigungen enthalten in der Regel Anforderungen für Überwachungsprogramme und Sicherheitsmaßnahmen, um sicherzustellen, dass etwaige Leckagen schnell und wirksam erkannt und behoben werden. Die Durchführungsverordnung sieht außerdem Anforderungen für eine Neubewertung im Falle von Leckagen oder anderen Unregelmäßigkeiten vor.

Machbarkeitsstudien, die der eigentlichen Speicherung vorausgehen, sind nicht in der Durchführungsverordnung über Pilot- und Demonstrationsprojekte geregelt, sondern bedürfen einer gesonderten Genehmigung nach dem dänischen Bodenschutzgesetz. Um die Eignung des Untergrunds für die Speicherung zu dokumentieren, sind Machbarkeitsstudien erforderlich, die Bohrungen, seismische Messungen und Injektionstests umfassen können.

### **3.6 Speicherung von CO<sub>2</sub> an Land**

#### **3.6.1.1 Machbarkeitsstudien, Bauphase und technische Anlagen**

Die Errichtung einer CO<sub>2</sub>-Injektionsanlage an Land erfordert eine Reihe von Spezialuntersuchungen, Maschinen und Bautätigkeiten. Der dänische Untergrund wurde bereits im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Speicherung anhand vorhandener geologischer Daten untersucht (Abschnitt 3.4). Studien haben mehrere potenziell geeignete Bereiche identifiziert (Hjelm, et al., 2022). Wenn geophysikalische und geotechnische Daten fehlen, müssen mögliche Lagerstätten im Zusammenhang mit den spezifischen Pilot- und Demonstrationsprojekten im Rahmen detaillierter Machbarkeitsstudienprogramme weiter untersucht werden.

Zu den geophysikalischen Machbarkeitsstudien gehören voraussichtlich auch seismische 2D- oder 3D-Untersuchungen, die durch die Kartierung der verschiedenen Gesteinsschichten unter der Oberfläche, einschließlich Verwerfungen und Falten, ein detailliertes Bild der geologischen Strukturen im Untergrund liefern. Darüber hinaus werden seismische Untersuchungen durchgeführt, um die Tiefe, Ausdehnung und Stärke des Reservoirs sowie das Vorhandensein und die Integrität etwaiger Tonsteinschichten zu ermitteln und den Standort etwaiger Brunnen zu bestimmen. Insgesamt ergibt sich daraus ein Bild von der Größe und dem Speicherpotenzial des Reservoirs (Chadwick, et al., 2008).

Seismische Untersuchungen an Land werden durchgeführt, indem ein Netzwerk von verkabelten Geophonen in einer Linie auf der Erdoberfläche über einem geologischen Gebiet von Interesse verlegt wird oder indem drahtlose Geophone platziert werden. Geophone werden verwendet, um seismische Wellen aufzuzeichnen, die von Grenzen zwischen geologischen Schichten im Untergrund reflektiert werden. Die Wellen werden von einer seismischen Quelle erzeugt (Kyhn L. W., 2020) wie Sprengstoffe, seismische Vibratoren oder Presslufthämmer usw. Drahtlose Geophone ermöglichen eine höhere Flexibilität und Empfängererdichte, was die Installation erleichtert. Die Anzahl und der Abstand zwischen den Messlinien des Netzwerks variieren je nach Größe der jeweiligen geologischen Struktur. Für die detaillierte Kartierung und Modellierung von Reservoirs wird voraussichtlich 3D-

Seismik erforderlich sein. 3D-Seismik erfordert ein dichtes Netz von Messlinien mit Linienabständen von typischerweise 10 bis 100 m (Kyhn, et al., 2020).

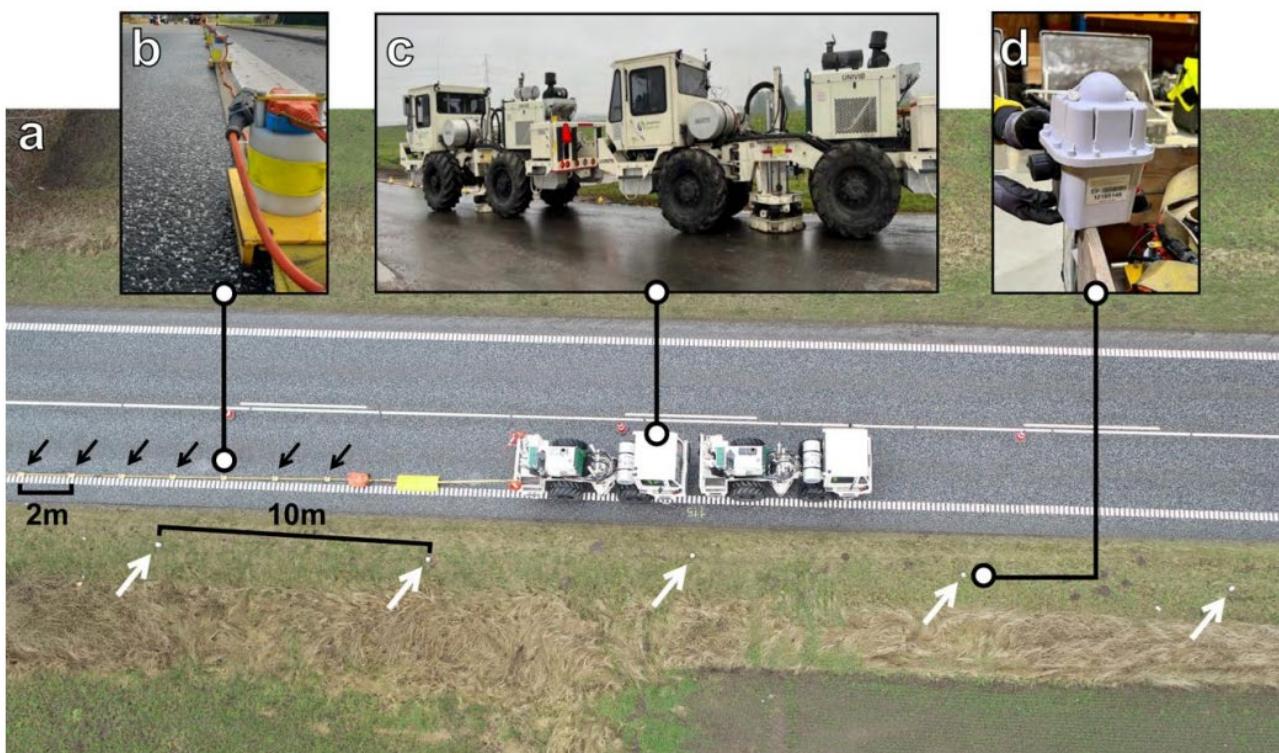


Abb. 3.4: a) Aufbau für eine duale seismische 2D-Untersuchung an Land mit (b) kabelgebundenen Geophonen, (c) Vibrationsfahrzeugen und (d) drahtlosen Knoteneinheiten. Herausgegeben von Malehmir und Westgate (2023).

Nach der Kartierung des Reservoirs und der Struktur muss das CO<sub>2</sub>-Speicherpotenzial durch Testbohrungen validiert werden, um die verschiedenen Gesteinsschichten im Untergrund zu analysieren. Dieser Schritt ist wichtig, um beispielsweise die Porosität und Durchlässigkeit des betreffenden Reservoirs zu quantifizieren. Zunächst werden Zufahrtsstraßen angelegt, bevor das Gelände von Vegetation befreit und eingeebnet wird, um Platz für die Bohranlage, Einrichtungen für das Personal und zur Lagerung von Bohrspülung und anderer Ausrüstung usw. zu schaffen. Anschließend wird normalerweise um die Stelle des Bohrlochs herum eine rechteckige Grube ausgehoben, um einen Arbeitsbereich für Arbeiter und Bohrausrüstung einzurichten. Anschließend beginnt das Personal mit dem Bohren des Hauptlochs, häufig mit einem kleinen Bohrwagen anstelle des großen Bohrgeräts.

Das Bohrgerät wird auf LKWs zur Baustelle transportiert und entweder mit Kränen, einem Hebezeug oder einer Hebebühne aufgestellt. Ein Bohrgerät besteht normalerweise aus einem Deck und einem Mastensystem, das den Bohrstrang und den Drehtisch trägt, der den Bohrkopf während des Bohrens dreht, einem Hebemechanismus und einem Pump- und Antriebssystem (Figur 3.5). Ein Bohrgerät an Land hat in der Regel eine Höhe von etwa 30 m (Haight, 2004). Nach der Installation des Bohrgeräts beginnt der Bohrer bis zur gewünschten Tiefe in den Boden zu bohren. Bohrköpfe (z.B. Dreh- oder Schlagbohrer) und Bohrstangen werden an die örtliche Geologie angepasst. Schlammpumpen und Zirkulationssysteme werden verwendet, um das Bohrloch zu stabilisieren und Bohrmaterial zur Analyse nach oben zu transportieren. Beim Bohren werden sogenannte Rohrtouren (Casings) installiert und mit Hochdruckpumpen und Zementmischern fest zementiert, um die Dichtheit und Integrität des

Bohrlochs zu gewährleisten (Song, et al., 2023). Je nach Anzahl der erforderlichen Probebohrungen wird der Vorgang wiederholt.



Abb. 3.5: Beispiel eines Bohrgeräts aus einem geotechnischen Projekt (Thisted-5). Von GEUS (2018).

Bohrungen sind kein kontinuierlicher Prozess, sondern umfassen wiederholte Bohrphasen, die Installation von Rohrtouren (Casings) und Untersuchungen mit sogenannten Wireline-Logging-Geräten, die beispielsweise Porosität, Porenwasser usw. messen.

Zusätzlich zu den Wireline-Logging-Messungen sind zahlreiche weitere Analysen erforderlich, u. a. geochemische und hydrogeologische Analysen der Löslichkeit von CO<sub>2</sub> unter den spezifischen Reservoirbedingungen, chemische Analysen des Porenwassers, mögliche Verbindungen zu nahegelegenen Grundwasserreservoirs usw.

Wenn der Standort für die CO<sub>2</sub>-Injektion weiter erschlossen wird, ist die Umwandlung von Testbohrungen in Injektionsbrunnen oder die Bohrung neuer Brunnen nach dem oben beschriebenen Verfahren erforderlich. Anschließend werden oberirdische Anlagen errichtet, darunter temporäre CO<sub>2</sub>-Lagertanks, Kompressoranlagen, Bohrlochkopf und Fundamentarbeiten zur Unterstützung der verschiedenen Anlagen, während die Installation von Einrichtungen für SCADA-Steuerungssysteme zur Überwachung und Steuerung voraussichtlich Überwachungsgeräte wie seismische Sensoren, geochemische Probenahmesysteme usw. umfassen wird (Martens, Möller, Streibel, & Liebscher, 2014).

Erd- und Fundamentarbeiten werden mit Baggern und Baggerladern durchgeführt. In Gebieten mit hohem Grundwasserspiegel oder instabilem Boden können Spundwände erforderlich sein, um Ausgrabungen zu sichern und Anlagen zu schützen. Die Bauzeit beträgt in der Regel 12 bis 24 Monate, abhängig von der Größe des Projekts und den geologischen Bedingungen. Die Größe der Lagerstätten variiert und hängt u. a. von der Anzahl der Injektions- und Monitoringbohrungen, dem Bedarf an Zufahrtsstraßen und den Umweltbedingungen vor Ort ab. Anhand ähnlicher Projekte wird geschätzt, dass ein Gelände mit Bohrgerät, Einrichtungen für Personal, Lager usw. eine Größe von etwa 0,5 bis 2 Hektar haben wird (Martens, Möller, Streibel, & Liebscher, 2014; Poletto & Miranda, 2022).

### 3.6.1.2 Betriebsphase

Im Kontext der Umweltprüfung bezeichnet der Begriff „Betriebsphase“ die Phase, die auf die Bauphase folgt, also die Projektphase/Injektionsphase. Während der Betriebsphase wird CO<sub>2</sub> über Injektionsbrunnen in geologische Reservoirs injiziert. Da es sich um Pilot- und Demonstrationsprojekte mit einer Kapazität von weniger als 100 kt und einem begrenzten Zeitrahmen von zwei Jahren handelt, ist davon auszugehen, dass keine Pipelines errichtet werden. Im Umweltbericht wird davon ausgegangen, dass der CO<sub>2</sub>-Transport zu den Onshore-Lagerstätten regelmäßig mit LKW's mit CO<sub>2</sub>-Tanks erfolgt. Ein Standard-CO<sub>2</sub>-Tanker kann bis zu 30 t flüssiges CO<sub>2</sub> transportieren (Myers, Li, & Markham, 2024). Das heißt, dass bei einer Speicherung von 100 kt CO<sub>2</sub> an einem einzigen Standort etwa 3300 Fahrten zur und von der Lagerstätte bzw. bis zu 32 Lieferungen pro Woche erforderlich wären. An den Lagerstätten wird das CO<sub>2</sub> voraussichtlich in Zwischenlagertanks entladen. Von hier aus wird das flüssige CO<sub>2</sub> einer Kompressoranlage zugeführt, wo das CO<sub>2</sub> komprimiert und weiter gekühlt wird, bevor es in überkritischem Zustand unter die Erde gepumpt wird.

Ein wichtiger Teil der Maßnahme wird die Überwachung von Druck, Temperatur und Durchfluss in den ober- und unterirdischen Teilen der Anlagen, die Überwachung von Bodenbewegungen und die Überwachung des gespeicherten CO<sub>2</sub> sein:

- Druck, Temperatur und Durchfluss werden in der Regel über integrierte Sensoren gemessen, die kontinuierliche Messungen der Durchflussrate, der Füllstände der Zwischenlagertanks, des Drucks und der Temperatur der Injektionsanlage sowie des Drucks und der Temperatur in den Injektionsbrunnen ausgeben (Liebscher, et al., 2016).
- Die Überwachung von Bodenbewegungen ist wichtig, da Bodenbewegungen die Integrität des CO<sub>2</sub>-Reservoirs, der Barrièreschicht usw. beeinträchtigen können. Darüber hinaus kann ein erhöhter Reservoirdruck aufgrund der CO<sub>2</sub>-Injektion zu Verformungen in den darüber liegenden Schichten führen, was zu einer Hebung der Oberfläche führen kann. Normalerweise kommt es durch diese Bewegung selten zu Schäden an der Infrastruktur oder den Einrichtungen. Eine Oberflächenverformung kann jedoch darauf hinweisen, dass sich das Reservoir nicht wie erwartet verhält. Bodenbewegungen werden in der Regel mithilfe von Satellitendaten, einem Neigungsmesser oder ähnlichem beurteilt (Keiding M., Capture,

Storage and Use of CO<sub>2</sub> (CCUS) - Geophysical Methods to monitor injection and storage of CO<sub>2</sub>( Part of Work package 7 in the CCUS project), 2021).

- Die Überwachung des gespeicherten CO<sub>2</sub> erfolgt durch elektromagnetische, gravimetrische oder 3D-seismische Untersuchungen. Elektromagnetische (EM) Untersuchungen zeichnen Schwankungen des elektrischen Widerstands des Untergrunds auf. Durch die Injektion von CO<sub>2</sub> in den Boden kommt es zu Änderungen des spezifischen Widerstands der damit verbundenen geologischen Formationen und des Porenwassers, wodurch sich das Vorhandensein und die Dynamik des gespeicherten CO<sub>2</sub> im Laufe der Zeit kartieren lassen. EM-Untersuchungen werden üblicherweise durch das Platzieren von Elektroden in Brunnen oder Bohrlöchern durchgeführt (Keiding M. , Capture, Storage and Use of CO<sub>2</sub> (CCUS) - Geophysical Methods to monitor injection and storage of CO<sub>2</sub>( Part of Work package 7 in the CCUS project), 2021). Gravimetrische Instrumente messen Schwerkraftschwankungen, die durch den Ersatz von Porenwasser durch CO<sub>2</sub> oder durch schnelle Dichteänderungen des CO<sub>2</sub> während seiner Aufwärtswanderung verursacht werden. Daher werden gravimetrische Instrumente zur Überwachung von CO<sub>2</sub>-Leckagen eingesetzt. Die zeitversetzte 3D-Seismik, oft auch 4D-Seismik genannt, gilt als die genaueste Methode zur Kartierung der CO<sub>2</sub>-Migration (Keiding M. , Capture, Storage and Use of CO<sub>2</sub> (CCUS) - Geophysical Methods to monitor injection and storage of CO<sub>2</sub>( Part of Work package 7 in the CCUS project), 2021), erfordert jedoch im Vergleich zu elektromagnetischen oder gravimetrischen Untersuchungen eine umfangreichere Ausrüstung und ein komplexeres Untersuchungsprogramm.

Darüber hinaus werden bei der Speicherung unterhalb oder in der Nähe von Grundwasservorkommen voraussichtlich geochemische Analysen durchgeführt, um sicherzustellen, dass das CO<sub>2</sub> nicht durch Verwerfungen, Lecks im Bohrloch oder Ähnliches vertikal oder seitlich gewandert ist. Zudem sind regelmäßige Wartungen sowohl der Brunnen als auch der technischen Anlagen erforderlich, um einen sicheren und stabilen Betrieb über zwei Jahre hinweg zu gewährleisten.

### 3.6.1.3 *Stilllegung*

Nach Abschluss des Speicherprojekts beginnt die Stilllegungsphase, die die Ausarbeitung eines Plans zur Schließung der Speicherstätte und zur Stilllegung aller Anlagen umfasst. Nach dem Abschluss der CO<sub>2</sub>-Injektion muss der Brunnen abgedichtet werden, um eine Migration von CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch zu verhindern. Brunnen können entweder dauerhaft oder vorübergehend abgedichtet werden, je nachdem, ob mit einer späteren Weiterentwicklung des Speicherreservoirs zu rechnen ist. Die Versiegelung erfolgt durch das Einbringen eines Zementstopfens oder Ähnlichem. Anschließend werden die wichtigsten oberirdischen Anlagen, darunter Kompressoren, Pumpen und Steuerungssysteme, abgebaut und das Gelände entsprechend den geltenden Umweltauflagen wiederhergestellt. Um die sichere Speicherung des CO<sub>2</sub> zu gewährleisten, wird die Langzeitüberwachung auch nach der Schließung noch mehrere Jahre fortgesetzt. Diese Phase erfordert spezielle Ausrüstung und Untersuchungen (siehe Abschnitt 3.6.1.2) und wird voraussichtlich mehrere Jahre dauern, abhängig von der Komplexität des Projekts und den behördlichen Anforderungen.

## 3.7 **Speicherung von CO<sub>2</sub> auf See**

### 3.7.1.1 *Machbarkeitsstudien, Bauphase und technische Anlagen*

Der Umfang der Machbarkeitsstudien für CO<sub>2</sub>-Lagerstätten auf See hängt davon ab, ob der Standort bereits zuvor für die Öl- und Gasförderung erschlossen wurde oder ob neue Gebiete, potenzielle Lagerstätten oder Strukturen untersucht werden. Beispielsweise werden oft Daten, darunter geophysikalische, geotechnische und Bohrlochdaten, aus mehreren Bohrlöchern und mehreren Offshore-Seismikkampagnen rund um aktive oder

erschöpfte Öl- und Gasfelder herangezogen, die zur Beurteilung der Eignung für die CO<sub>2</sub>-Speicherung verwendet werden können. Darüber hinaus hat GEUS (GEUS, 2024) vor Kurzem eine Reihe neuer seismischer 2D-Untersuchungen sowie eine umfassende Neuverarbeitung seismischer 2D-Daten für mehrere Meeresgebiete abgeschlossen, um die Qualität der öffentlich verfügbaren seismischen Daten in ihrem Deep Subsurface Data-Portal zu verbessern. Aufgrund der hohen Kosten, die mit Offshore-Explorationen und -Bohrungen verbunden sind, ist davon auszugehen, dass sich Offshore-Pilot- und Demonstrationsprojekte weitgehend auf bestehende Öl- und Gasfelder und die dazugehörige Infrastruktur beschränken werden.

Wo neue potenzielle CO<sub>2</sub>-Speicher oder geologische Strukturen untersucht werden, umfassen geophysikalische Machbarkeitsstudien seismische 2D- oder 3D-Untersuchungen. Seismik wird verwendet, um geologische Schichten im Untergrund zu kartieren. Seismische Untersuchungen können mit einem Seismik-Schiff durchgeführt werden. Dieses kann akustische Quellen hinter sich herziehen, die regelmäßige Schallwellen erzeugen, beispielsweise von Luftkanonen, die den Meeresboden durchdringen und von den Schichtengrenzen im Untergrund reflektiert werden (Figur 3.6). Hydrophone werden hinter dem Schiff hergesleppt und dienen zur Aufzeichnung der zurückkehrenden Schallwellen (Funck T. E., 2023). Die Länge der aufgespulten Kabel hängt von der jeweiligen Untersuchung ab. Längen von mehreren Kilometern sind jedoch üblich (Funck T. E., 2023). Alternativ können seismische Untersuchungen auf See mithilfe autonomer Knoten durchgeführt werden, die in einem Netzwerk auf dem Meeresboden platziert sind. Die Dauer seismischer Untersuchungen kann erheblich variieren und mehrere Wochen bis Monate betragen (Funck T. E., 2023; EUDP, 2024).



Abb. 3.6: Beispiel eines Schiffes für seismische Forschung. Von Funck et al. (2024).

Andere geophysikalische Geräte wie Multibeam Echosounder (MBES), Side-Scan Sonar (SSS), Sub-Bottom-Profiler (SBP) und Sparker-Systeme werden verwendet, um die Wassertiefe, die Meeresbodentopographie und Objekte auf dem Meeresboden zu kartieren und den Meeresboden auf die sichere Platzierung eines Bohrgeräts zu untersuchen. Die Ausrüstung wird normalerweise hinter einem Vermessungsschiff hergesleppt oder auf einem ferngesteuerten Fahrzeug (Remotely Operated Vehicle, ROV) montiert. Die Positionierung der Ausrüstung wird voraussichtlich mithilfe von Ultra-Short Baseline (USBL) erfolgen, das aus einer an einem bekannten Referenzpunkt montierten Transceivereinheit und einer an der Ausrüstung montierten Transpondereinheit besteht.

Geophysikalische Untersuchungen werden in der Regel durch geotechnische Untersuchungen des Meeresbodens ergänzt, um die Platzierung des Bohrgeräts zu bestimmen.

Im Zusammenhang mit neuen potenziellen CO<sub>2</sub>-Lagerstätten oder geologischen Strukturen werden Probebohrungen notwendig sein, um detaillierte Erkenntnisse über das Speicherpotenzial zu gewinnen. Angesichts der durchschnittlichen Wassertiefe in der dänischen Nordsee werden die Bohrungen voraussichtlich von dreibeinigen Hubinseln aus erfolgen. Eine typische dreibeinige Hubinsel, die in der Nordsee eingesetzt werden kann, verfügt über eine Rumpffläche von etwa 7.000 bis 8.000 m<sup>2</sup> und Hubbeine mit einer Gesamthöhe von etwa 200 m. Jedes Hubbein kann eine Grundfläche von bis zu 260 m<sup>2</sup> haben (Kellezi & Gobuzi, 2019). Die Hubinsel wird zur Bohrstelle geschleppt und abgesenkt, um die Stabilität während der Bohrung zu gewährleisten. Vor der Bohrung wird zunächst eine Verrohrung (Conductor Casing) im Meeresboden installiert. Diese Art der Verrohrung besteht aus einem Stahlrohr, das das Bohrloch vor dem Einsturz schützt sowie an Ort und Stelle gebohrt und einzementiert oder gerammt wird. Nach der Installation der Verrohrung wird mit dem Bohren bis zur gewünschten Tiefe fortgefahren.

Bohrungen sind kein kontinuierlicher Prozess, sondern umfassen wiederholte Phasen des Bohrens, der Installation von Rohrtouren (Casings) und des Testens. Erfahrungen aus ähnlichen Offshore-Bohrvorhaben in der dänischen Nordsee zeigen, dass das Bohren eines einzigen Bohrlochs bis zu einer Tiefe von etwa 3.000 m bis zu 120 Tage dauern kann (INEOS, 2022). Normalerweise wird mit wasserbasierter Bohrspülung gebohrt, unter besonderen Bedingungen (oder beim Bohren abweichender Bohrlöcher) kann es jedoch notwendig sein, ölbasierte Bohrspülung zu verwenden. Gemäß den OSPAR- und HELCOM-Übereinkommen unterliegen die Verwendung und Handhabung von ölhaltiger Bohrspülung strengen Vorschriften. In OSPAR-Gebieten werden wasserbasierte Bohrspülung und das damit verbundene Bohrklein in der Regel einige Meter unter dem Meeresspiegel ins Meer eingeleitet, während ölbasierte Bohrspülung gesammelt und zur Entsorgung oder Wiederverwertung an Land transportiert wird. In HELCOM-Gebieten muss jegliche wasserbasierte Bohrspülung getestet werden, bevor sie in die Meeresumwelt eingeleitet werden darf, während ölbasierte Bohrspülung grundsätzlich nicht zugelassen ist. Es sei darauf verwiesen, dass Genehmigungen für Pilot- und Demonstrationsprojekte sonstigen Umweltgesetzen, einschließlich des Helsinki-Übereinkommens, entsprechen müssen, wonach die Speicherung von CO<sub>2</sub> gemäß den geltenden Vorschriften nicht in vom HELCOM abgedeckten Meeresgebieten erfolgen darf.

Wenn der Standort für die CO<sub>2</sub>-Injektion weiter erschlossen wird, ist die Umwandlung von Testbohrungen in Injektionsbrunnen oder die Bohrung neuer Brunnen nach dem beschriebenen Verfahren erforderlich. Aufgrund der hohen Kosten ist davon auszugehen, dass neue Bohrlöcher und Injektionsbohrungen für Pilot- und Demonstrationsprojekte auf See nur in begrenztem Umfang und voraussichtlich nur in Verbindung mit bestehender Infrastruktur errichtet werden. Dabei werden voraussichtlich Injektionsbrunnen, Brunnenköpfe und Pumpsysteme mit nahegelegenen Plattformen verbunden.

Bei der Untersuchung bestehender Öl- und Gasfelder auf ihr Speicherpotenzial können bisherige Injektionsbrunnen aus der Förderphase wiederverwendet werden. In diesem Fall müssen keine neuen Brunnen gebohrt werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass für die Installation der Injektionsausrüstung und zur Unterstützung des Injektionsvorgangs eine Hubinsel erforderlich ist. Die Wiederverwendung älterer Förderbrunnen wird wahrscheinlich umfangreiche Änderungen beispielsweise an Stahlrohren und Zementierungen erfordern, um die Integrität der CO<sub>2</sub>-Speicherung zu gewährleisten. Dies ist besonders wichtig, da CO<sub>2</sub> in Verbindung mit Wasser korrosiv wirkt (IEAGHG, 2010). Alternativ kann die CO<sub>2</sub>-Injektion durch die Installation eines temporären „Coiled Tubing“-Rohrs im Bohrloch erfolgen, das das direkte Herabpumpen von CO<sub>2</sub> durch einen Schlauch in das Reservoir ermöglicht. Nach Abschluss der Injektion kann das „Coiled Tubing“-Rohr entfernt und der Brunnen abgedichtet werden, um die Integrität der Lagerstätte zu gewährleisten (Carpenter, 2025).

Bauarbeiten auf See sind komplex und hängen von Wetterbedingungen, Logistik und Sicherheit ab. Sie erfordern Spezialschiffe und Offshore-Personal. Die Bauzeit wird daher auf bis zu 24 Monate geschätzt, abhängig von der Größe des Projekts und dem Umfang der Machbarkeitsstudien, Bohrungen, Umbauten oder Neubauten.

### 3.7.1.2 Betriebsphase

Im Kontext der Umweltprüfung bezeichnet der Begriff „Betriebsphase“ die Phase, die auf die Bauphase folgt, also die Projektphase/Injektionsphase. Bei Pilot- und Demonstrationsprojekten wird das CO<sub>2</sub> während der Betriebsphase per Schiff zu geeigneten Lagerstätten transportiert. Anschließend werden das CO<sub>2</sub> und die Pumpsysteme einer Konditionierung unterzogen, bevor sie über Injektionsbrunnen in geologische Lagerstätten eingeleitet werden. Durch die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Verbindung mit vorhandenen Brunnen und Plattformen kann CO<sub>2</sub> vom Schiff zur Plattform transferiert und dort vor der Konditionierung und anschließenden Injektion in Lagertanks gelagert werden. Alternativ können Schiffe zur weiteren Injektion direkt an Pumpsysteme auf Plattformen oder an eine Hubinsel angeschlossen werden, die mit Lagertanks und Pumpsystemen ausgestattet ist. Nach der Konditionierung wird das CO<sub>2</sub> in Injektionsbrunnen mit oder ohne „Coiled Tubing“-Rohr unter die Erde gepumpt (EUDP, 2024).

Der Vorgang wird in Abhängigkeit mehrerer Faktoren wiederholt, darunter die geplante Menge an zu speicherndem CO<sub>2</sub>, die Dimensionierung etwaiger Lagertanks auf Plattformen oder Hubinseln und die Kapazität des verfügbaren Schiffstransports. Für das Greensand-Pilotprojekt wurde die CO<sub>2</sub>-Injektion über etwa sechs Wochen durchgeführt, wobei etwa 4100 t, verteilt auf sieben Sequenzen, gespeichert wurden (EUDP, 2024). Die Kapazität der für den CO<sub>2</sub>-Transport eingesetzten Handelsschiffe variiert erheblich. Ein Standard-CO<sub>2</sub>-Tank hat eine Kapazität von ca. 2.000 t (Al Baroudi, Awoyomi, Patchigolla, Jonnalagadda, & Anthony, 2021). Für den Transport von 100 kt CO<sub>2</sub> sind daher etwa 50 Schiffstransporte erforderlich.

Um sicherzustellen, dass das CO<sub>2</sub> im geologischen Reservoir verbleibt, sind Überwachungssysteme unerlässlich. Auf See umfassen diese in der Regel seismische Untersuchungen, Druck- und Temperaturmessungen im Bohrloch sowie Sediment- und geochemische Analysen. Zur Überwachung des gespeicherten CO<sub>2</sub> wurden in früheren Pilot- und Demonstrationsprojekten seismische Untersuchungen mit autonomen Knotenpunkten über dem Reservoir eingesetzt (EUDP, 2024). Die Kartierung der CO<sub>2</sub>-Verteilung kann auch mittels 3D-Seismik erfolgen, die von einem Seismik-Schiff durchgeführt wird. Es wird davon ausgegangen, dass auf den Plattformen oder Hubinseln Betriebspersonal anwesend ist. Viele Systeme sind jedoch für die Fernsteuerung vom Ufer aus ausgelegt.

Die Wartung von Offshore-Ausrüstung ist logistisch anspruchsvoll und erfordert geplante Wartungsfenster und Spezialschiffe. Sicherheit und Umweltschutz haben während der gesamten Betriebsdauer höchste Priorität.

### 3.7.1.3 Stilllegung

Nach Abschluss des Speicherprojekts beginnt die Stilllegungsphase, die die Ausarbeitung eines Plans zur Schließung der Speicherstätte und zur Stilllegung aller Anlagen umfasst. Nach dem Abschluss der CO<sub>2</sub>-Injektion müssen etwaige „Coiled Tubing“-Rohre entfernt werden, bevor der Brunnen abgedichtet wird, um eine Migration von CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch zu verhindern. Brunnen können entweder dauerhaft oder vorübergehend abgedichtet werden, je nachdem, ob mit einer späteren Weiterentwicklung des Speicherreservoirs zu rechnen ist. Die Versiegelung erfolgt durch das Einbringen eines Zementstopfens oder Ähnlichem. Wo Hubinseln für die

Installation oder Injektion verwendet wurden, werden diese per Schiff vom Standort weggebracht, während alle auf den Plattformen installierten Zusatzgeräte wie Lagertanks, Pumpen und Kompressoren entfernt werden.

Um die sichere Speicherung des CO<sub>2</sub> zu gewährleisten, wird die Langzeitüberwachung auch nach der Schließung noch mehrere Jahre fortgesetzt.

### **3.8 Risiko**

Die unterirdische CO<sub>2</sub>-Speicherung bringt mehrere technische Herausforderungen mit sich, die sorgfältig gehandhabt werden müssen, um die damit verbundenen Risiken zu minimieren. In den folgenden Abschnitten werden die Risiken untersucht, die mit der CO<sub>2</sub>-Speicherung an Land und auf See verbunden sind.

#### *3.8.1.1 CO<sub>2</sub>-Speicherung an Land*

Obwohl die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> an Land im Allgemeinen als sichere und gut kontrollierte Technologie gilt, gibt es bestimmte Risiken, die während der gesamten Lebensdauer des Projekts sorgfältig gehandhabt werden müssen.

Eines der größten technischen Risiken bei der CO<sub>2</sub>-Speicherung ist das Austreten oder die Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus geologischen Lagerstätten oder technischen Anlagen, sei es durch Defekte oder Leckagen in Bohrlöchern, große kurzzeitige Freisetzungen beispielsweise aus Tanklastwagen, temporären Lagertanks oder natürlichen Schwachstellen im Untergrund. CO<sub>2</sub> ist ein Gas, das im Allgemeinen keine Gefahr für den Menschen darstellt. Im Gegensatz zu Erdgas oder Wasserstoff ist CO<sub>2</sub> nicht brennbar, kann aber in hohen Konzentrationen den Sauerstoff verdrängen, den wir atmen. Unter normalen Bedingungen vermischt sich CO<sub>2</sub> mit der umgebenden Luft. Bei großen und konzentrierten CO<sub>2</sub>-Mengen dauert es jedoch eine Weile, bis sich das CO<sub>2</sub> mit der Luft vermischt, was das Atmen erschweren kann und bei Konzentrationen über 15 % lebensbedrohlich sein kann. Bei einer kurzzeitigen Freisetzung von 1.000 t CO<sub>2</sub> besteht im Umkreis von 80 bis 300 m (Gefahrenbereich) ein Todesrisiko von 1 bis 5 % (Harper, Wilday, & Bilio, 2011).

Ein Austreten von CO<sub>2</sub> kann beispielsweise im Zusammenhang mit der Verschlechterung der Zementierung oder der Stahlrohre des Brunnens im Laufe der Zeit auftreten oder wenn Injektionsbrunnen nach der Stilllegung nicht ordnungsgemäß abgedichtet werden. Dies könnte möglicherweise dazu führen, dass CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch oder durch Leckagen in den Brunnenleitungen nach oben in darüber liegende Gesteinsschichten, Grundwasserleiter und an die Erdoberfläche wandert (Keiding, et al., 2024). Wenn sich CO<sub>2</sub> in Wasser löst, verbindet sich ein Teil des CO<sub>2</sub>-Moleküls mit Wasser und bildet Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Kohlensäure kann zu Stahlkorrosion führen. Bei der Wiederverwendung ehemaliger Testbohrungen oder Öl- und Gasbrunnen zur CO<sub>2</sub>-Injektion sind Korrosionsschutz und entsprechende Modifikationen wichtig, um das Risiko eines CO<sub>2</sub>-Austritts durch den Brunnen zu verringern. Der Korrosionsschutz bei der CO<sub>2</sub>-Injektion ist jedoch ein bekanntes Verfahren in der tertiären Ölförderung (Enhanced Oil Recovery), das normalerweise durch die Regulierung von Verunreinigungen und Feuchtigkeitsgehalt im CO<sub>2</sub> sowie durch eine sorgfältige Brunnenkonstruktion und Materialauswahl gemildert wird (Fan, Hu, & Cheng, 2025). Auch bei unerkannten Verwerfungen oder Rissen in der Barriereschicht kann es zu CO<sub>2</sub>-Leckagen kommen (Keiding, et al., 2024). Größere Verwerfungen können jedoch üblicherweise durch gründliche Machbarkeitsstudien identifiziert werden (siehe Abschnitte 3.6.1.1 und 3.7.1.1).

Neben den potenziellen Gesundheitsrisiken kann CO<sub>2</sub>-Austritt auch Folgen für die Umwelt haben. Durch die Injektion von CO<sub>2</sub> kommt es zu einem allmählichen Druckaufbau im Reservoir, wobei das injizierte CO<sub>2</sub> eine geringere Dichte als salzhaltiges Porenwasser aufweist (Massarweh & Abushaikha, 2024). Beides kann zur Verdrängung von Salzwasser aus dem Porenraum des Reservoirs führen. Das Ausmaß dieser Verdrängung hängt von

mehreren Faktoren ab, darunter Injektionsgeschwindigkeit, Durchlässigkeit und Porosität sowie die spezifischen Eigenschaften sowohl der Sole als auch des CO<sub>2</sub>. Theoretisch könnte dies zum Eindringen von Salzwasser in angrenzende Süßwasser-Aquifere führen. Das Risiko einer Aufwärtswanderung von Salzwasser und eines Eindringens in Süßwasser-Aquifere wird jedoch allgemein als unwahrscheinlich angesehen (Jakobsen, 2020). Die potentielle Verdrängung hängt auch von anderen Faktoren ab, beispielsweise der Löslichkeit von CO<sub>2</sub> im Porenwasser. Unter normalen Bedingungen lösen sich typischerweise bis zu 10 % des injizierten CO<sub>2</sub> im Reservoirwasser (Keiding M., 2021), was zu einer dichten, CO<sub>2</sub>-gesättigten Sole führt, die unter dem Einfluss der Schwerkraft dazu neigt, abzusinken, wodurch das gespeicherte CO<sub>2</sub> tatsächlich weiter stabilisiert wird (Bashir, et al., 2024).

Bei CO<sub>2</sub>-Leckagen ins Grundwasser kann die Bildung von Kohlensäure, die bei der Lösung von CO<sub>2</sub> in Wasser entsteht, neben der Erhöhung der Korrosionsgefahr im Bohrloch auch zur Auflösung und Freisetzung von Spurenelementen (z. B. Schwermetallen) und damit zu einer veränderten chemischen Zusammensetzung des Grundwassers führen (Jakobsen, 2020). Mögliche Veränderungen werden jedoch nicht als so bedeutend angesehen, dass sie die Nutzbarkeit des Trinkwassers beeinträchtigen. Die Freisetzung von Spurenelementen kann jedoch im Hinblick auf die Grenzwerte ein Problem darstellen (Jakobsen, 2020). Neben einer veränderten chemischen Zusammensetzung des Grundwassers kann ein CO<sub>2</sub>-Austritt durch die ungesättigte Zone möglicherweise zu einer Versauerung des Oberflächenwassers, veränderten pH-Werten in Bodenschichten und Eutrophierung führen, was negative Auswirkungen auf biologische Faktoren haben kann, beispielsweise durch eine erhöhte Häufigkeit von Algenblüten und eine Hemmung des Pflanzenwachstums (Xueyan, Xin, Zhi, Yang, & Yue, 2016; Jakobsen, 2020).

Generell gilt ein CO<sub>2</sub>-Austritt als unwahrscheinlich, sofern die Speicherung gemäß den geltenden Gesetzen und Richtlinien, einschließlich der ISO-Norm ISO/TC265, erfolgt. Laut GEUS (2023) ist die Technologie unter diesen Bedingungen sicher. Obwohl es nicht möglich ist, die genauen Mengen an CO<sub>2</sub> zu quantifizieren, die möglicherweise durch ein Barrieregestein austreten können, oder die Geschwindigkeit dieses Austritts zu bestimmen, schätzt GEUS (2023), dass die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse sehr gering ist. Diese Einschätzung wird durch Erfahrungen aus anderen europäischen Pilot- und Demonstrationsprojekten gestützt. In Ketzin, Deutschland, zeigten sowohl geophysikalische als auch geochemische Überwachungen während der etwa fünf Jahre, in denen etwa 67.000 Tonnen CO<sub>2</sub> injiziert wurden, keine Anzeichen eines CO<sub>2</sub>-Austritts (Martens, Möller, Streibel, & Liebscher, 2014).

Um die mit einer möglichen CO<sub>2</sub>-Migration und einer CO<sub>2</sub>-Leckage verbundenen Risiken zu minimieren, ist es wichtig, dass der Reservoirdruck während der Injektion kontinuierlich überwacht wird. Erhöhter Lagerstätten-Druck durch die CO<sub>2</sub>-Injektion kann zu Bewegungen in darüberliegenden Schichten und damit zur Entstehung neuer Risse in der Abdichtungsschicht führen, welche die Integrität des CO<sub>2</sub>-Speicherreservoirs negativ beeinflussen können. In besonderen Fällen kann eine Änderung des Reservoirdrucks zu einer Hebung der Oberfläche führen, wie beim Salah-Projekt in Algerien dokumentiert, wo die CO<sub>2</sub>-Injektion zu einem Auftrieb von etwa 5 mm/Jahr führte (Keiding M., 2021). Obwohl Oberflächenhebungen selten zu Schäden an der Infrastruktur oder an Gebäuden führen, können sie ein Hinweis darauf sein, dass sich das Reservoir nicht wie erwartet verhält (Keiding M., 2021). Darüber hinaus können Druckunterschiede zwischen Lagerstätten und Bohrloch sowie Leckagen in Rohrtouren (Casings) dazu führen, dass Bohrspülung in die Lagerstätte eindringt.

Wenn CO<sub>2</sub> in den Untergrund injiziert wird, löst sich das CO<sub>2</sub> im Porenwasser der Formation, wo sich ein Teil des CO<sub>2</sub>-Moleküls mit Wasser zu Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) verbindet. In Karbonat- und Sandsteinreservoirs kann das Vorhandensein von Kohlensäure das geochemische Gleichgewicht verändern, was zur Auflösung vorhandener Mineralien und zur Ausfällung neuer Mineralien führen kann. Diese Reaktionen können potenziell die

petrophysikalische Struktur verändern und zu einer mechanischen Schwächung des Reservoirmaterials führen (Hosseinzadehsadati, Amour, Hajiabadi, & Nick, 2022; Yuting, et al., 2024). Theoretisch kann die Injektion von überkritischem CO<sub>2</sub> daher eine Verringerung der Porosität und Verdichtung in der Reservoirmatrix zur Folge haben. Empirische Studien zeigen jedoch, dass die infolge der CO<sub>2</sub>-Injektion beobachtete Verdichtung im Allgemeinen vernachlässigbar ist im Vergleich zu der Verdichtung, die als Folge des Druckabfalls bei der konventionellen Kohlenwasserstoffproduktion auftreten kann, was ein bekanntes Phänomen ist (Amour, Hosseinzadeh, Hajiabadi, & Nick, 2025).

Wie bereits beschrieben, kommt es durch die Injektion von CO<sub>2</sub> zudem zu einem allmählichen Druckaufbau im Reservoir, der unter besonderen geologischen und geomechanischen Bedingungen zu einer Deformation der darüberliegenden Schichten und zur Bildung neuer Risse in der Abdichtungsschicht führen kann. Diese Phänomene können möglicherweise die Integrität des CO<sub>2</sub>-Speicherreservoirs gefährden. Erhöhter Reservoirdruck, Bewegungen in den darüber liegenden Schichten und die Entstehung neuer Risse können alle zur Hebung der Oberfläche beitragen, wie im Salah-Projekt in Algerien dokumentiert, wo die CO<sub>2</sub>-Injektion zu einer vertikalen Hebung von etwa 5 mm/Jahr führte (Keiding M. , 2021). Obwohl Oberflächenhebungen selten direkte Schäden an der Infrastruktur oder an Gebäuden verursachen, können sie ein Hinweis darauf sein, dass das Reservoir nicht entsprechend den geomechanischen Erwartungen reagiert (Keiding M. , 2021).

Bei Machbarkeitsstudien besteht zudem die Gefahr, dass bei Bohrungen Kohlenwasserstoffblasen oder natürliche CO<sub>2</sub>-Vorkommen im Untergrund punktiert werden, was zu einem Blowout führen kann. Austretende Kohlenwasserstoffe bergen Brand-, Explosions- und Umweltverschmutzungsgefahren (COWI, 2021). Die Wahrscheinlichkeit eines Blowouts wird jedoch als gering eingeschätzt und vor jeder neuen Bohrung werden in der Regel seismische Untersuchungen durchgeführt, um etwaige Öl- und Gasvorkommen im Untergrund festzustellen.

### 3.8.1.2 CO<sub>2</sub>-Speicherung auf See

Die CO<sub>2</sub>-Speicherung unter dem Meeresboden gilt allgemein als sichere und bewährte Technologie. Die CO<sub>2</sub>-Injektion wird seit mehr als 25 Jahren sowohl im Zusammenhang mit der tertiären Ölförderung als auch mit der Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen praktiziert (Furrea, et al., 2017). Das weltweit erste Offshore-CO<sub>2</sub>-Speicherprojekt war das Sleipner-Projekt in Norwegen, wo seit 1996 mehr als 16 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> gespeichert wurden, ohne dass es Anzeichen für Leckagen gab (Furrea, et al., 2017; SINTEF, 2024). Doch genau wie bei der Speicherung an Land gibt es Risiken, die mit großer Sorgfalt behandelt werden müssen.

Bei Machbarkeitsstudien besteht die Gefahr, dass bei Bohrungen Kohlenwasserstoffblasen oder natürliche CO<sub>2</sub>-Vorkommen im Untergrund punktiert werden, was zu einem Blowout führen kann. Austretende Kohlenwasserstoffe bergen Brand-, Explosions- und Umweltverschmutzungsgefahren (COWI, 2021). Während der Betriebsphase besteht zudem die potenzielle Gefahr einer unbeabsichtigten Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus dem Untergrund in die Meeressumwelt. Im Falle einer Leckage aufgrund eines Geräteausfalls, eines Blowouts oder eines Lecks im Bohrloch könnte es innerhalb eines kürzeren Zeitraums zu einer plötzlichen Freisetzung von CO<sub>2</sub> kommen. Studien zeigen, dass bei einem Blowout Leckagen von bis zu etwa 17.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tag möglich sind (Bhuvankar, Cihan, & Birkholzer, 2022).

Im Falle eines möglichen Blowouts durchläuft das gespeicherte CO<sub>2</sub> einen Übergang vom überkritischen Fluid in den gasförmigen Zustand. Dieser Übergang wird durch den erheblichen Druck- und Temperaturabfall eingeleitet, der auftritt, wenn das überkritische CO<sub>2</sub> mit dem umgebenden Bodenwasser interagiert. Die im Rahmen des Greensand-CCS-Projekts durchgeföhrten Modellierungen zeigen im Falle einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung eine

Volumenausdehnung, die am Meeresboden um das etwa 50-Fache und an der Meeresoberfläche um das bis zu 330-Fache zunimmt. Diese Zunahme ist in erster Linie auf den allmählich abnehmenden hydrostatischen Druck durch die Wassersäule zurückzuführen (DHI, 2023). Die Modellierung zeigt, dass die schnelle Aufwärtswanderung des CO<sub>2</sub>-Gases in Richtung Meeresoberfläche dazu führt, dass sich nur ein sehr kleiner Anteil – typischerweise einige Prozent – der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Meerwasser auflöst. Wenn sich CO<sub>2</sub> in Wasser löst, verbindet sich ein Teil des CO<sub>2</sub>-Moleküls mit Wasser und bildet Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), die den pH-Wert des Meerwassers verändert und zur Versauerung beiträgt. Ein niedrigerer pH-Wert verringert die Verfügbarkeit von Calciumcarbonat im Meerwasser, da ein größerer Anteil in die ionische Form dissoziert. Dies erhöht den biophysikalischen Energieaufwand für kalzifizierende Organismen beim Aufbau und Erhalt ihres Kalziumskeletts, was das Wachstum und die Schalenfestigkeit bei Arten wie Muscheln, Korallen und anderen kalziumabhängigen Organismen hemmen kann (DCE, 2021).

Wie in Abschnitt 3.8.1.1 beschrieben, kann ein Austreten von CO<sub>2</sub> beispielsweise im Zusammenhang mit der Verschlechterung der Zementierung oder der Stahlrohre des Brunnens im Laufe der Zeit auftreten oder wenn Injektionsbrunnen nach der Stilllegung nicht ordnungsgemäß abgedichtet werden. Die CO<sub>2</sub>-Injektion kann möglicherweise auch zu Stahlkorrosion führen und dass CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch oder durch Leckagen in den Brunnenleitungen nach oben in darüber liegende Gesteinsschichten und den Meeresboden wandert 3.8.1.1. Ein CO<sub>2</sub>-Austritt kann auch durch natürliche Schwachstellen im Untergrund erfolgen, was zu einer allmählichen Freisetzung von CO<sub>2</sub> in den Meeresboden und einer Versauerung führt, die negative Folgen sowohl für die Flora und Fauna des Meeresbodens als auch für die Wasserchemie in Form von pH-Änderungen und der Freisetzung von Spurenelementen haben kann. Die Versauerung kann die mikrobielle Aktivität und die benthischen Bestände beeinträchtigen, insbesondere jene mit kalkhaltigen Strukturen, während größere Meeresorganismen wie Fische im Vergleich zu Landtieren in der Regel anfälliger für einen Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts und, bei manchen Arten, für veränderte pH-Werte sind (Murray, Wiley, & Baumann, 2019; Jakobsen, 2020).

Wenn CO<sub>2</sub> in den Untergrund injiziert wird, löst sich das CO<sub>2</sub> im Porenwasser der Formation, wo sich ein Teil des CO<sub>2</sub>-Moleküls mit Wasser zu Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) verbindet. In Karbonat- und Sandsteinreservoirs kann das Vorhandensein von Kohlensäure das geochemische Gleichgewicht verändern, was zur Auflösung vorhandener Mineralien und zur Ausfällung neuer Mineralien führen kann. Diese Reaktionen können potenziell die petrophysikalische Struktur verändern und zu einer mechanischen Schwächung des Reservoirmaterials führen (Hosseinzadehsadati, Amour, Hajiabadi, & Nick, 2022; Yuting, et al., 2024) (Yuting, et al., 2024). Theoretisch kann die Injektion von überkritischem CO<sub>2</sub> daher eine Verringerung der Porosität und Verdichtung in der Reservoirmatrix zur Folge haben. Empirische Studien zeigen jedoch, dass die infolge der CO<sub>2</sub>-Injektion beobachtete Verdichtung im Allgemeinen vernachlässigbar ist im Vergleich zu der Verdichtung, die als Folge des Druckabfalls bei der konventionellen Kohlenwasserstoffproduktion auftreten kann, was ein bekanntes Phänomen ist (Amour, Hosseinzadeh, Hajiabadi, & Nick, 2025).

Es kommt durch die Injektion von CO<sub>2</sub> zu einem allmählichen Druckaufbau im Reservoir, der unter besonderen geologischen und geomechanischen Bedingungen zu einer Deformation der darüberliegenden Schichten und zur Bildung neuer Risse in der Abdichtungsschicht führen kann (Abschnitt 3.8.1.1). Auf See könnte dieses Phänomen möglicherweise die umliegende Infrastruktur beeinträchtigen (Keiding M., 2021).

Darüber hinaus kann Unterwasserlärm durch geophysikalische Untersuchungen, Bohrungen und andere Aktivitäten im Zusammenhang mit der Errichtung, dem Betrieb und der Überwachung von CO<sub>2</sub>-Lagerstätten potenziell negative Auswirkungen auf das Meeresleben haben (Aoki, et al., 2024), da Unterwasserlärm die Navigation und Kommunikation sowohl bei Fischen als auch bei Meeressäugern beeinträchtigen und zu Einschränkungen der Hörfähigkeit führen kann (Southall, et al., 2019).

## 4. Rechtsgrundlage und Methode

### 4.1 Rechtsgrundlage – Gesetz über die Umweltprüfung

Ziel des Gesetzes über die Umweltprüfung ist es, ein hohes Schutzniveau bei der Ausarbeitung von Plänen und Programmen zu gewährleisten und sicherzustellen, dass Umwelterwägungen in einem frühen Stadium des Planungsprozesses berücksichtigt werden. Eine Umweltprüfung umfasst somit die Prüfung der wahrscheinlichen, erheblichen positiven und negativen Umweltauswirkungen vor der Durchführung und Annahme von Plänen und Programmen. Das Gesetz über die Umweltprüfung gilt für Pläne und Programme im Sinne von §2 Abs. 1 Nr. 1 des Gesetzes, einschließlich Durchführungsverordnungen, sowie deren Änderungen.

Bei Plänen, die unter das Gesetz über die Umweltprüfung fallen, muss eine Umweltprüfung in der Regel durchgeführt werden, wenn der Plan in bestimmten Sektoren erstellt wird und den Rahmen für künftige Baugenehmigungen für die in den Anhängen 1 und 2 des Gesetzes genannten Projekte bildet, vgl. §8 Abs. 1 des Gesetzes.

Die derzeitige Durchführungsverordnung zu Pilot- und Demonstrationsprojekten<sup>9</sup> wurde einer Umweltprüfung unterzogen (Energistyrelsen, 2022). Die vorliegende Umweltprüfung wird sich daher nur auf die Änderung der Durchführungsverordnung beziehen, d.h. die Erweiterung des geografischen Gebiets von Teilen der Nordsee bis zum gesamten Land- und Meeresgebiet Dänemarks.

### 4.2 Umweltprüfung der Durchführungsverordnung

Im Mittelpunkt der Umweltprüfung steht die Entscheidung, den geografischen Geltungsbereich der Durchführungsverordnung über Teile der Nordsee hinaus auszuweiten, um künftig Pilot- und Demonstrationsprojekte auf allen dänischen Land- und Seegebieten innerhalb der dänischen ausschließlichen Wirtschaftszone zu ermöglichen. Diese Änderung wird für jeden Umweltaspekt hinsichtlich der Bedingungen erläutert. Die Bewertung wird anhand der aktuellen Bedingungen, des Referenzszenarios und relevanter Umweltziele, Grenzwerte und Gesetze beschrieben.

Die Umweltprüfung der Verordnung erfolgt auf einer allgemeinen Ebene, die der im Plan geregelten Ebene entspricht, wobei z. B. der konkrete Standort, die Mengen, die Methoden usw. für künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht berücksichtigt wurden.

Im Zusammenhang mit den konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekten muss die Umweltbehörde u. a. die Einhaltung mehrerer Umweltrichtlinien sicherstellen, darunter die Meerestrategie-Rahmenrichtlinie,<sup>10</sup> die Wasserrahmenrichtlinie,<sup>11</sup> die Vogelschutzrichtlinie<sup>12</sup> und die FFH-Richtlinie<sup>13</sup> usw. Darüber hinaus müssen

<sup>9</sup> Durchführungsverordnung Nr. 974 vom 22/06/2022, Verordnung über die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> unter 100 kt zu Forschungszwecken bzw. zur Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte und Verfahren, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2022/974>

<sup>10</sup> EU-Richtlinie 2008/56/EG vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meerestrume Welt, [Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni...](#)

<sup>11</sup> EU-Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpoltik, [Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000](#)

<sup>12</sup> EU-Richtlinie 2009/147/EG vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten, [Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten](#)

<sup>13</sup> EU-Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, [Richtlinie - 92/43 - EN - EUR-Lex](#)

Genehmigungen gemäß dem Helsinki-Übereinkommen erteilt werden, wonach die CO<sub>2</sub>-Speicherung im Ostseeraum in den HELCOM-Offshore-Gebieten unzulässig ist.

#### 4.3 Methode zur Bewertung von Umweltauswirkungen

Der Umweltbericht verwendet eine systematische Methode zur Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Umweltauswirkungen. Der Schwerpunkt liegt auf erheblichen Auswirkungen, die sowohl positiv als auch negativ sein können, während weniger erhebliche Auswirkungen nur kurz angesprochen werden.

Die Kapitel zu den Umweltauswirkungen sind so strukturiert, dass sie zunächst auf die Gesetzgebung und die Umweltziele eingehen. Anschließend erfolgt eine Beschreibung der aktuellen Bedingungen und des Umweltzustands, gefolgt von einer Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen. Nachdem die Umweltauswirkungen des Plans geprüft und bewertet wurden, wird die Kumulierung mit Auswirkungen anderer Pläne (der kumulative Effekt) bewertet. Wenn eine erhebliche Auswirkung festgestellt wird, werden entsprechende Maßnahmen zu ihrer Vermeidung/Begrenzung sowie eine entsprechende Überwachung derselben bewertet.

Die Bewertung der Auswirkungen auf die Umwelt erfolgt gemäß den Vorschriften des dänischen Gesetzes über die Umweltprüfung und basiert auf qualitativen und quantitativen Informationen auf der Grundlage der Umweltfaktoren des Gesetzes, zu denen biologische Vielfalt, Bevölkerung, menschliche Gesundheit, Flora und Fauna, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Sachgüter und kulturelles Erbe gehören. Für jeden Umweltfaktor werden die Wahrscheinlichkeit, die geografische Verteilung, die Intensität und die Dauer der Auswirkungen bewertet. Dadurch wird eine einheitliche und transparente Bewertung gewährleistet.

Es gibt keine offizielle Terminologie oder Abstufung hinsichtlich der Bewertung potenzieller Auswirkungen, da der Grad der Erheblichkeit weitgehend auf der Grundlage der Abstufung verstanden werden muss, die sich aus der professionellen Bewertung gemäß sektoraler Gesetzgebung usw. in Bezug auf die einzelnen Umweltfaktoren ergibt. Der Umweltbericht verwendet die folgende Methodik, die eine Bewertung der Umweltauswirkungen mit einheitlicher Terminologie gewährleistet und so die Transparenz der durchgeführten Umweltprüfungen erhöht:

Tabelle 4.1: Zur Bewertung der Auswirkungen des Plans verwendete Terminologie.

Abstufung der Auswirkungen	Kriterien
<b>Keine oder vernachlässigbare Auswirkungen</b>	Auswirkungen , die lokal begrenzt, unkompliziert, kurzfristig oder vollständig reversibel ohne Langzeitfolgen sind. Es können zwar geringe Auswirkungen auftreten, doch der Grad wird als völlig vernachlässigbar angesehen oder es liegen keine Auswirkungen im Vergleich zum Referenzszenario vor.

<b>Mäßige oder geringe Auswirkungen</b>	Auswirkungen unterschiedlicher geografischer Ausdehnung und Dauer, die eine gewisse Komplexität aufweisen können. Die Auswirkungen können entweder von relativ großen Umfangs, langfristig oder wiederkehrend sein. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Auswirkungen ist hoch.  Die Auswirkungen sind grundsätzlich vollständig reversibel ohne Langzeitfolgen. Es können vollständig lokale, irreversible Schäden auftreten, deren Ausmaß jedoch als nicht erheblich eingeschätzt wird.
<b>Erhebliche Auswirkungen</b>	Auswirkungen von großem Ausmaß und/oder langfristiger Natur sind häufig oder wahrscheinlich und es können irreversible Schäden in bedeutendem Ausmaß auftreten, der als erheblich eingeschätzt wird.

Die oben genannte Bewertungsterminologie wird bei Bewertungen im Rahmen der FFH-Richtlinie, der Wasserrahmenrichtlinie und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie nicht verwendet. Damit sollen die Anforderungen für die gemäß diesen Richtlinien durchzuführenden Bewertungen erfüllt werden. Die Methodik dieser Bewertungen wird in den einzelnen fachspezifischen Kapiteln beschrieben.

#### 4.4 Referenzszenario (0-Alternative)

Gemäß dem dänischen Gesetz über die Umweltprüfung muss der Umweltbericht Alternativen erläutern, darunter auch das Referenzszenario (0-Alternative 0), d. h. die Situation, in der die Durchführungsverordnung nicht erlassen wird und die aktuelle Durchführungsverordnung somit weiterhin gilt. Die Beurteilung der Vorschläge zur Änderung der Durchführungsverordnung erfolgt auf Grundlage des Referenzszenarios, das der aktuellen Durchführungsverordnung entspricht.

#### 4.5 Untersuchte Alternativen

Im Umweltbericht wird die Änderung der Durchführungsverordnung im Vergleich zur Alternative, in der die Änderung nicht umgesetzt wird (Referenzszenario), bewertet. In diesem Szenario bleibt der Geltungsbereich der Durchführungsverordnung auf Teile der Nordsee beschränkt und die Möglichkeit, Pilot- und Demonstrationsprojekte in anderen geeigneten geologischen Formationen an Land und auf See durchzuführen, wird nicht genutzt.

Eine mögliche Alternative könnte darin bestehen, den geografischen Geltungsbereich der Durchführungsverordnung auf ausgewählte Gebiete an Land und auf See auszuweiten, in denen ein geologisches Potenzial für die Speicherung besteht. Ein solcher Ansatz würde jedoch bedeuten, dass weiterhin eine separate Regulierung durchgeführt werden müsste, wenn Bedarf und Gelegenheit für Projekte außerhalb dieser Bereiche bestehen. Daher wird davon ausgegangen, dass diese Alternative das Ziel unterstützt, die technologische Entwicklung und Erprobung der CO<sub>2</sub>-Speicherung in Dänemark in geringerem Maße und innerhalb eines Zeitrahmens voranzutreiben, der mit den nationalen und internationalen Klimazielen vereinbar ist.

Eine Ausweitung des geografischen Geltungsbereichs der Durchführungsverordnung auf das gesamte See- und Landgebiet Dänemarks wird im Hinblick auf das Ziel, die technologische Entwicklung und Erprobung der CO<sub>2</sub>-Speicherung in Dänemark zu fördern, als die geeignetste Lösung angesehen. Die Änderung stellt sicher, dass Genehmigungen für Projekte im gesamten dänischen See- und Landgebiet erteilt werden können, sofern sie die technischen und ökologischen Anforderungen der Durchführungsverordnung zu Pilot- und

Demonstrationsprojekten sowie weitere verbindliche Anforderungen in anderen Umweltvorschriften erfüllen. Der Vorschlag zur geografischen Ausweitung soll dazu beitragen, die Emission von Treibhausgasen zu verringern. Die CCS-Technologie wird als notwendiger Teil dieser Bemühungen angesehen, insbesondere in Sektoren, in denen andere Minderungsmaßnahmen nicht ausreichen, beispielsweise in der Schwerindustrie und der Müllverbrennung. Dänemark hat durch mehrere politische Abkommen und Strategien deutlich gemacht, dass CCS eine Schlüsseltechnologie zur Erreichung nationaler und internationaler Klimaziele ist. Eine flexible und geografisch umfassende Regulierung ist daher von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Entwicklung und Erprobung von CCS im erforderlichen Umfang und Tempo erfolgen kann.

Auf dieser Grundlage wird die Änderung der Durchführungsverordnung als die beste Lösung im Hinblick auf den Zweck der Verordnung unter Berücksichtigung ökologischer und technischer Aspekte bewertet.

#### **4.6 Verbindung der Durchführungsverordnung mit anderen Plänen**

Die Durchführungsverordnung muss im Kontext einer Reihe nationaler und internationaler Regelungen und Pläne betrachtet werden, die im Folgenden beschrieben werden.

Ziel des Helsinki-Übereinkommens (HELCOM) ist der Schutz der Meeresumwelt. Daraus folgt, dass eine CO<sub>2</sub>-Speicherung im Ostseeraum in den HELCOM-Offshore-Gebieten nicht erfolgen kann.

Der dänische maritime Raumordnungsplan, der gemäß dem dänischen Gesetz über die maritime Raumordnung und der EU-Richtlinie zur maritimen Raumordnung erstellt wurde, legt den Rahmen für die Landnutzung in dänischen Meeresgebieten fest. Aktivitäten im Meer dürfen nicht im Widerspruch zum maritimen Raumordnungsplan stehen, vgl. § 14 des Gesetz über die maritime Raumordnung. Im maritimen Raumordnungsplan sind Entwicklungszonen für die CO<sub>2</sub>-Speicherung ausgewiesen, so dass es grundsätzlich im Widerspruch zum maritimen Raumordnungsplan stünde, wenn Pilot- und Demonstrationsprojekte außerhalb der ausgewiesenen Zonen zugelassen würden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, für temporäre Projekte eine Ausnahmegenehmigung zu erhalten, vgl. Abschnitt 6.3.

Dänemarks Meeresstrategie II, die im Einklang mit der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie der EU erstellt wurde, zielt darauf ab, einen guten Umweltzustand der Meeresumwelt zu erreichen. Die Strategie verpflichtet die Behörden, sicherzustellen, dass neue Aktivitäten den Zustand der Meeresumwelt nicht verschlechtern oder die Erreichung der Umweltziele behindern, vgl. Abschnitt 6.3.

In den Gewässerplänen, die die Wasserrahmenrichtlinie der EU implementieren, werden Umweltziele für Oberflächengewässer und Grundwasser festgelegt. Gemäß § 8 der Durchführungsverordnung zum Aktionsprogramm dürfen Behörden keine Aktivitäten genehmigen, die den Zustand von Gewässern verschlechtern oder die Erreichung festgelegter Umweltziele behindern könnten. CCS-Aktivitäten müssen daher im Hinblick auf ihre potenziellen Auswirkungen auf die aquatische Umwelt bewertet werden, vgl. Abschnitt 6.1.

Die FFH-Richtlinie und die Vogelschutzrichtlinie, die u. a. in der FFH-Verordnung umgesetzt werden, verpflichten die Behörden Projekte dazu, sicherzustellen, dass sie weder Natura-2000-Gebiete noch unter Schutz stehende Arten und Lebensräume schädigen. Daher muss eine spezifische Prüfung der Auswirkungen des Projekts durchgeführt werden und die Genehmigung kann nur erteilt werden, wenn nachgewiesen wird, dass die Integrität des Gebiets nicht erheblich beeinträchtigt wird, vgl. Abschnitt 6.2.

Das dänische Naturschutzgesetz regelt in § 3 u. a. Schutzgebiete, Bau- und Schutzlinien usw. Diese Regelungen sind insbesondere bei der Standortwahl von Pilot- und Demonstrationsprojekten relevant, bei denen eine konkrete Prüfung der Auswirkungen des Projekts auf Natur und Landschaft erfolgen muss.

An Land müssen Pilot- und Demonstrationsprojekte im entsprechenden Umfang mit der Landes-, Regional- und Kommunalplanung abgestimmt werden. Dies kann Änderungen an kommunalen Plänen und die Erstellung lokaler Pläne erfordern. Die Projekte müssen zudem mit den Rohstoffplänen und anderen Raumordnungen der Regionen abgestimmt werden, wobei auch Rücksicht auf Natur, Umwelt und Flächennutzung genommen werden muss.

#### **4.7 Grenzüberschreitende Umweltauswirkungen**

In Kapitel 6 des Umweltberichts zur Bewertung der Umweltauswirkungen werden bei der Bewertung der potenziellen Auswirkungen für die folgenden Umweltfaktoren sowohl Dänemark als auch die angrenzenden Nachbarländer berücksichtigt, da sich die Auswirkungen über die Grenzen hinweg nicht unterscheiden:

- Wasser
- Biologische Vielfalt, Flora und Fauna
- Meeresstrategie
- Menschliche Gesundheit (Thema: Risiken schwerer Unfälle und Katastrophen)
- Boden und Bodenverunreinigungen (Thema: Boden)
- Maritimer Raumordnungsplan

Für alle anderen Umweltfaktoren erfolgt eine gesonderte Bewertung hinsichtlich grenzüberschreitender Auswirkungen in einem Abschnitt am Ende der Kapitel. Diese Kapitel fassen die relevanten Aspekte der vorherigen Abschnitte bezüglich der grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen zusammen.

#### **4.8 Fehlende Daten und Unsicherheiten**

Die Umweltprüfung der Verordnung erfolgt auf einer allgemeinen Ebene, die der im Plan geregelten Ebene entspricht, wobei z. B. spezifische Standorte, Mengen, Methoden usw. für die künftigen Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht berücksichtigt wurden. Die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten konkreten Projekte müssen später vor ihrer Umsetzung auf Projektebene umweltrechtlich geprüft werden. Im Mittelpunkt der Umweltprüfung stehen die potenziellen, wahrscheinlichen Umweltauswirkungen, die durch die Ausweitung des geografischen Geltungsbereichs der Durchführungsverordnung entstehen können.

Die Errichtung von CO<sub>2</sub>-Abscheidungsanlagen und Pipelines für den Transport (Infrastruktur) ist in der Durchführungsverordnung nicht geregelt. Aufgrund des temporären Charakters der Pilot- und Demonstrationsprojekte wird im Umweltbericht davon ausgegangen, dass das CO<sub>2</sub> aus einer genehmigten Abscheidungsanlage stammt und der Transport per Schiff, LKW oder anderen nicht-permanenten Transporteinrichtungen erfolgt. Die Errichtung von Plattformen und CO<sub>2</sub>-Lagerstätten auf See wäre mit erheblichen Kosten verbunden, weshalb die Errichtung neuer Anlagen unwahrscheinlich ist. Der Umweltbericht geht daher davon aus, dass Pilot- und Demonstrationsprojekte auf See auf bestehenden oder möglicherweise umgebauten Anlagen stattfinden werden.

## 5. Scoping des Umweltberichts

Nach § 11 des Gesetzes über die Umweltprüfung muss die Behörde vor der Erstellung des Umweltberichts den Untersuchungsrahmen festlegen (Scoping). Die dänische Energieagentur hat für diesen Umweltbericht ein Scoping-Memo erstellt (Anhang 1). Das Scoping-Memo stand betroffenen Behörden usw. (Energistyrelsen, 2025) vom 9. Mai 2025 bis zum 6. Juni 2025 zur öffentlichen Einsichtnahme und vom 10. Juni bis zum 8. Juli 2025 zur Espoo-Einsichtnahme in betroffenen Staaten zur Verfügung.

*Tabelle 5.1 Übersicht über die laut Scoping-Memo im Umweltbericht inbegriffenen Umweltfaktoren.*

Umweltfaktor	Bewertungen
<b>Wasser</b> (an Land und auf See)	Oberflächenwasser und Grundwasser
<b>Biologische Vielfalt, Flora und Fauna</b> (an Land und auf See)	Anhang-IV-Arten Natura 2000 Nach § 3 geschützte Gebiete und Flüsse (nur an Land) Sonstige Natur Bau- und Schutzlinien (nur an Land)
<b>Meer</b> (auf See)	Maritimer Raumordnungsplan Dänemarks Meeresstrategie
<b>Bevölkerung und Sachgüter</b> (an Land und auf See)	Landnutzung Fischerei (nur auf See)
<b>Menschliche Gesundheit</b> (an Land und auf See)	Lärm und Erschütterungen (nur an Land) Luft, Geruch und Emissionen Risiko schwerer Unfälle und Katastrophen
<b>Boden und Bodenverunreinigungen</b> (an Land und auf See)	Boden und Bodenverunreinigungen
<b>Landschaft</b> (an Land und auf See)	Landschaft Optische Bedingungen
<b>Klima</b> (an Land und auf See)	Klima

## 6. Bewertung von Umweltauswirkungen

Dieser Abschnitt enthält eine Bewertung der Umweltauswirkungen, die sich aus dem Erlass der Durchführungsverordnung ergeben. Die Bewertungen wurden auf Grundlage der im Abschnitt 4 beschriebenen Methode und des Scopings im Abschnitt 5 vorgenommen.

### 6.1 Wasser

Der Umweltfaktor Wasser umfasst die Bewertung von Oberflächengewässern (Flüsse, Seen und Küstengewässer), Meerwasser und Grundwasser. Diese Bewertung gilt für alle Gewässer der EU und deckt daher sowohl Gewässer innerhalb der Grenzen Dänemarks als auch potenziell betroffene Gewässer der EU außerhalb der Grenzen Dänemarks ab.

#### 6.1.1 Oberflächenwasser

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen auf Oberflächengewässer (Flüsse, Seen und Küstengewässer) beschrieben. Die Bewertungen konzentrieren sich in erster Linie auf die ausgewiesenen Gewässer, gelten jedoch auch für andere Gewässer. Weitere nach § 3 geschützte Seen, Moore und Teiche werden in Abschnitt 6.2.3 erläutert. Der Umweltbericht geht auf die möglichen Auswirkungen der Durchführungsverordnung auf Oberflächengewässer ein.

##### 6.1.1.1 Rechtsgrundlage und Umweltziele

Die Küstengewässer, Seen und Flüsse sowie die betroffenen Grundwasserkörper werden in Wassergebiete eingeteilt. Das dänische Ministerium für Umwelt und Gleichstellung [Miljø- og Ligestillingsministeriet] hat Gewässerpläne für diese Gebiete erstellt. Die Gewässerpläne sind Teil eines umfassenden Plans zur Verbesserung der dänischen Wasserumwelt. Sie sollen gemäß der Wasserrahmenrichtlinie der EU für saubereres Wasser in Dänemarks Küstengewässern, Seen, Flüssen und im Grundwasser sorgen.<sup>14</sup> Die Richtlinie legt eine Reihe von Umweltzielen fest und schafft einen Gesamtrahmen für die Verwaltungsstruktur zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen sowie zur Überwachung der aquatischen Umwelt. In der dänischen Gesetzgebung wird dies durch das Wasserplanungsgesetz umgesetzt,<sup>15</sup> das den Gewässerplänen zugrunde liegt. Das Gesetz beschreibt die Maßnahmen, die umgesetzt werden müssen, um einen guten Umweltzustand zu erreichen. Dieser Zustand wird für Oberflächengewässer erreicht, wenn sowohl der ökologische als auch der chemische Zustand gut sind, und für Grundwasser, wenn der quantitative und der chemische Zustand gut sind.

Gewässerpläne sind ein zentrales Element bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Die Richtlinie besagt, dass alle Gewässer der EU-Länder – Flüsse, Seen, der Küstenabschnitt des Meeres und das Grundwasser – bis 2027 einen „guten Zustand“ aufweisen müssen. Die dritte Fassung der Gewässerpläne wurde am 15. Juni 2023 erlassen und veröffentlicht. Die vorliegende Bewertung basiert auf diesen Plänen. Darüber hinaus ist die Überarbeitung der Gewässerpläne III enthalten, die bis zum 20. Juni 2025 zur öffentlichen Einsichtnahme zur

---

<sup>14</sup> EU-Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, [Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni...](#)

<sup>15</sup> Durchführungsverordnung Nr. 126 vom 26.01.2017, Verordnung zum Wasserplanungsgesetz, <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2017/126>

Verfügung stand. Für die marinen Küstengewässer ist in den Gewässerplänen festgelegt (Miljøstyrelsen, 2023)(Dänische Umweltschutzbehörde, 2023), dass der Zustand in Fjorden und an den Küsten u. a. durch die Reduzierung der Stickstoffemissionen verbessert werden muss. Gemäß § 8 Abs. 3 der Verordnung über Maßnahmenprogramme<sup>16</sup> darf keine zusätzliche Einleitung von Nährstoffen in Gewässer genehmigt werden, wenn die Zielvorgaben nicht erreicht werden und Minderungsauflagen bestehen. Umweltziele, Umweltzustand, Umweltqualitätsanforderungen und Schwellenwerte für biologische Qualitätskomponenten in den aktuellen Gewässerplänen 2021–27 werden in einer Reihe von Durchführungsverordnungen erläutert.<sup>17</sup>

Der ökologische Gesamtzustand eines Gewässers wird anhand des Zustands von Qualitätskomponenten wie Phytoplankton/Phytobenthos (Algen), Makrophyten (größere Wasserpflanzen), benthischen Wirbellosen (kleine, am Boden lebende Tiere) und Fischen bestimmt. Darüber hinaus sind auch eine Reihe unterstützender Parameter wie Hydromorphologie und physikochemischen Bedingungen enthalten. Bei der Bewertung des ökologischen Zustands von Küstengewässern und Süßwassern werden auch länderspezifische umweltgefährdende Stoffe als Qualitätskomponente mit gutem oder schlechtem Zustand berücksichtigt. Der Zustand einer Qualitätskomponente wird einer von fünf ökologischen Klassen (hoch, gut, mäßig, mangelhaft oder schlecht) zugeordnet, und die Qualitätskomponente mit dem niedrigsten Zustand bestimmt den ökologischen Gesamtzustand. Der chemische Zustand wird anhand der Konzentration von 45 Stoffen in Wasser, Sediment und Biota (lebenden Organismen) bewertet, die von der EU priorisiert wurden und ein besonderes Risiko für die aquatische Umwelt darstellen. Die der Beurteilung des ökologischen und chemischen Zustands zugrunde liegenden Umweltqualitätsanforderungen sind in den Anlagen der Durchführungsverordnung zur Festlegung von Umweltzielen für Flüsse, Seen, Übergangsgewässer, Küstengewässer und Grundwasser festgelegt.

Eine Verschlechterung des Zustands der Gewässer gilt als erhebliche Auswirkungen. Eine Zustandsverschlechterung liegt vor, wenn mindestens eine der Qualitätskomponenten um eine Stufe abfällt, auch wenn diese Verschlechterung nicht dazu führt, dass das gesamte Oberflächengewässer um eine Zustandsklasse abgestuft wird. Wenn jedoch eine Qualitätskomponente bereits in der niedrigsten Klasse (schlecht oder nicht gut) liegt, stellt jede Verschlechterung dieser Komponente eine Verschlechterung des Gesamtzustands eines Oberflächengewässers dar (Richtlinie 2000/60/EG). Bei einem Gewässer in unbekanntem Zustand liegt eine Verschlechterung des Zustands vor, wenn die Auswirkung zu einer Verschlechterung einer biologischen Qualitätskomponente um einen Wert führen kann oder die daraus resultierende Konzentration eines Stoffes im Gewässer eine in den Anhängen der Durchführungsverordnung zur Festlegung von Umweltzielen für Flüsse, Seen, Übergangsgewässer, Küstengewässer und Grundwasser (Verordnung Nr. 796 vom 13.06.2023) festgelegte Umweltqualitätsanforderung überschreitet. Darüber hinaus kann auch eine vorübergehende kurzfristige Verschlechterung ohne langfristige Folgen eine Verschlechterung darstellen, vgl. Entscheidung der dänischen Umwelt- und Lebensmittelbeschwerdekammer vom 16. November 2022 (21/10121).

Wenn der chemische Zustand oder der Zustand eines Qualitätselements unbekannt ist, vgl. Entscheidung der dänischen Umwelt- und Lebensmittelbeschwerdekammer vom 16. November 2022 (21/10121), sollte eine Bewertung auf der Grundlage einer wissenschaftlich fundierten Schätzung im schlimmsten Fall erfolgen, wenn es

<sup>16</sup> Durchführungsverordnung Nr. 797 vom 13.06.2023, Verordnung über Maßnahmenprogramme für Wassereinzugsgebiete, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2023/797>

<sup>17</sup> Durchführungsverordnung Nr. 819 vom 15. Juni 2023 über Umweltziele für Oberflächengewässer und Grundwasserkörper, Durchführungsverordnung Nr. 796 vom 13. Juni 2023 über die Festlegung von Umweltzielen für Flüsse, Seen, Übergangsgewässer, Küstengewässer und Grundwasser, Durchführungsverordnung Nr. 833 vom 27. Juni 2016 über die Festlegung von Umweltzielen für Flüsse, Seen, Küstengewässer, Übergangsgewässer und Grundwasser, Durchführungsverordnung Nr. 797 vom 13. Juni 2023 über Maßnahmenprogramme für Wassereinzugsgebiete (Verordnung Nr. 797 vom 13.06.2023) und Liste der Qualitätskriterien in Bezug auf kontaminierte Böden (Dänisches Ministerium für Umwelt und Ernährung [Miljø- og Fødevareministeriet], Dänische Umweltschutzbehörde [Miljøstyrelsen], Juli 2023).

nicht möglich ist, spezifische und konkrete Berechnungen und Bewertungen gemäß den einzelnen Qualitätskomponenten vorzunehmen. Neben dem ökologischen und chemischen Zustand steht bei den Gewässerplänen die Reduzierung des Stickstoffeintrags in die Küstengewässer im Vordergrund, um die Küstengewässer in einen guten ökologischen Zustand zu bringen. Gemäß § 8 Abs. 3 der Verordnung über Maßnahmenprogramme darf keine zusätzliche Einleitung in Gewässer genehmigt werden, wenn die Zielvorgaben nicht erreicht werden und eine Minderungsaufforderung besteht.

#### 6.1.1.2 *Methode*

Die Bewertung der Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Gewässer wurde gemäß dem dänischen Wasserplanungsgesetz und der Durchführungsverordnung über Maßnahmenprogramme wie oben beschrieben durchgeführt und es wurde bewertet, ob die Verordnung Aktivitäten ermöglicht, die den Zustand der betroffenen Gewässer – sowohl dänischer als auch europäischer – verschlechtern oder die Erreichung der Umweltziele verhindern könnten. Die Beschreibungen der ausgewiesenen dänischen Wassereinzugsgebiete wurden auf Grundlage vorhandener Erkenntnisse erstellt, wobei die Informationen aus den Gewässerplänen für 2021–2027 (VP3) (Dänische Umweltschutzbehörde [Miljøstyrelsen], 2023), der Überarbeitung der Gewässerpläne III (VP3G) und den Zustandsbewertungen in MiljøGIS (dänisches Ministerium für die Umsetzung des Grünen Dreierbündnisses [Ministeriet for Grøn Trepas], 2025) bezogen wurden.

Die Umweltprüfung der Durchführungsverordnung erfolgt auf einer übergeordneten Ebene, die der im Plan gegebenen Ebene entspricht, wobei beispielsweise noch keine Entscheidung über den konkreten Standort, die Mengen, die Methoden usw. künftiger Anlagen zur unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speicherung getroffen wurde.

#### 6.1.1.3 *Aktuelle Bedingungen und Umweltzustand*

Es gibt keine Küstengewässer, die bei der Überarbeitung der Gewässerpläne 2021–2027 einen insgesamt guten ökologischen Zustand erreicht haben. Für Phytoplankton wurde festgestellt, dass 79 % der Küstengewässer das Umweltziel für dieses Qualitätselement nicht erreicht haben, während 86 % der Küstengewässer das Ziel für Wurzelpflanzen und 44 % das Ziel für die benthische Fauna nicht erreicht haben (Ministeriet for Grøn Trepas, 2025).

In den ursprünglichen Gewässerplänen 2021–2027 (VP3) wurden zur Bewertung des Zustands landesspezifischer Stoffe ausschließlich Methylnaphthaline herangezogen, die in vielen Küstengewässern als in gutem Zustand befunden wurden. Der chemische Zustand war überwiegend nicht gut.

Die überwiegende Mehrheit der Küstengewässer (bis zu 1 Seemeile von der Küste) wurde im Rahmen der Überarbeitung von VP3 hinsichtlich der Qualitätskomponente „landesspezifische Stoffe“ als nicht in gutem Zustand eingestuft, da eine Reihe neuer Stoffe in die Zustandsbewertung einbezogen wurden. Ebenso ist der chemische Zustand der meisten Küstengewässer weiterhin schlecht.

Bei den Flüssen ist das Ziel auf nationaler Ebene insgesamt noch weit von der Zielerreichung entfernt, da das Umweltziel für den ökologischen Zustand der ausgewiesenen etwa 18.570 km umfassenden Flüsse bei etwa 510 km als erreicht gilt (Ministeriet for Grøn Trepas, 2025). Es wird vor allem die Qualität des Fischs sein, die durch die Maßnahmen der Durchführungsverordnung beeinträchtigt werden könnte. Die erneute Überprüfung der Gewässerpläne hat ergeben, dass bei 17 % der ausgewiesenen Gewässer das Umweltziel für Fische erreicht wurde.

In den ursprünglichen Gewässerplänen 2021–2027 (VP3) war der Status umweltgefährdender Schadstoffe in mehreren Abschnitten der ausgewiesenen Flüsse nicht bekannt. Bei der Mehrheit der untersuchten Flüsse (89 %) wurde nach der erneuten Überprüfung festgestellt, dass sie hinsichtlich landesspezifischer Stoffe nicht in gutem Zustand waren. Im Gegensatz dazu haben 90 % der Flüsse einen guten chemischen Zustand erreicht.

Darüber hinaus ist der Status einer großen Zahl umweltgefährdender Schadstoffe unbekannt, da keine Messungen zum Vorkommen der Stoffe durchgeführt wurden. Bei Bohrungen im Meeresboden muss gegebenenfalls das Vorkommen relevanter Stoffe ermittelt werden.

Der allgemeine Zustand der betroffenen Flüsse, Seen und Küstengewässer geht aus Figur 6.1 hervor.

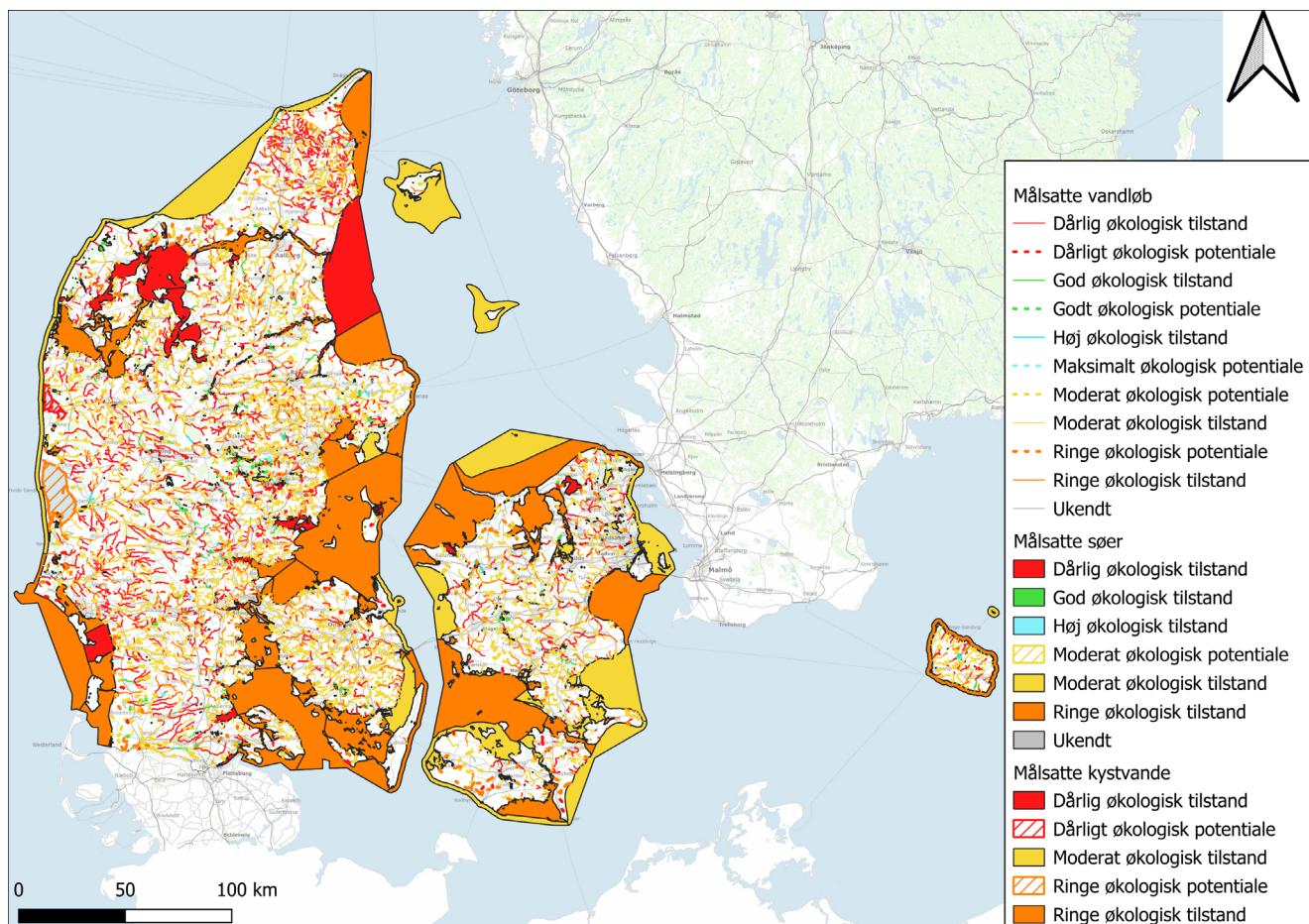


Abb. 6.1: Übersicht über die ausgewählten Flüsse, Seen und Küstengewässer in Dänemark und ihren allgemeinen ökologischen Zustand (VP3G).

Insgesamt kommt es auch in der dänischen Meeressumwelt zu Veränderungen in der Dynamik des Karbonatsystems infolge des erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre, der steigenden Meerestemperaturen und der Schwankungen im Nährstoffeintrag. Das globale Karbonatsystem bezeichnet das natürliche Gleichgewicht zwischen verschiedenen Formen anorganischen Kohlenstoffs – hauptsächlich gelöstem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Kohlensäure, Bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) und Karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) – in den Ozeanen der Erde. Dieses System stellt einen zentralen biogeochemischen Kreislauf dar, der als natürlicher Puffer fungiert, indem er den pH-Wert von Meer- und Süßwasser reguliert, und spielt eine entscheidende Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf, einschließlich der

Aufnahme von anthropogenem Kohlenstoff und der Bildung von Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Beispielsweise wird ein großer Teil der erhöhten  $\text{CO}_2$ -Menge in der Atmosphäre vom Meer absorbiert (ungefähr 25 %) (DCE, 2021), wobei sich ein Teil des  $\text{CO}_2$ -Moleküls mit Wasser zu Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) verbindet, die den pH-Wert des Meerwassers verändert und zur Versauerung beiträgt.

Regionale Karbonatkreisläufe sind komplexe Systeme, in denen biologische, chemische und physikalische Prozesse interagieren. Der pH-Wert und der  $\text{CO}_2$ -Gehalt in dänischen Meeresgebieten werden durch das Zusammenspiel von atmosphärischem  $\text{CO}_2$ , Temperatur, Salzgehalt und Nährstoffeintrag reguliert. Es gibt erhebliche regionale Unterschiede, vor allem aufgrund unterschiedlicher Calciumcarbonat-Gehalte im Süßwasser, die der Versauerung entgegenwirken können (DCE, 2021). Beispielsweise zeigen Fjorde in Westjütland, die durch sandige Bodenverhältnisse und einen geringeren Kalkgehalt gekennzeichnet sind, eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Temperaturänderungen und Nährstoffzufuhr als Fjorde in Seeland, wo kalkhaltige Bodenverhältnisse zu einer größeren Pufferkapazität gegenüber pH-Änderungen beitragen. Darüber hinaus hängen pH-Schwankungen auch mit bestimmten biologischen Prozessen zusammen, beispielsweise mit der Algenproduktion und Respiration.

Die NOVANA-Datenbank enthält umfangreiche pH-Messungen aus dänischen Gewässern, wobei die Daten bis in die späten 1970er Jahre zurückreichen. Die Messungen konzentrieren sich hauptsächlich auf Küstengebiete und Fjorde und zeigen, wie die Meeressysteme, einschließlich der pH-Werte, in den letzten 40 bis 50 Jahren reagiert haben (Kemidata.dk, 2025).

Für die Messstationen in der Nordsee liegen keine kontinuierlichen Datenreihen vor. Die jährlichen Durchschnittsergebnisse zeigen jedoch einen insgesamt abnehmenden Trend für den pH-Wert von den 1980er Jahren bis 2025 (Kemidata.dk, 2025). Auch im Kattegat und Öresund ist seit Mitte der 1990er Jahre ein Abwärtstrend der pH-Werte zu beobachten, mit statistisch signifikanten Trends im Öresund sowie im zentralen und südlichen Teil des Kattegats (DCE, 2021). Die beobachtete Versauerung in diesen Gebieten ist etwa zwei- bis dreimal höher als die durchschnittliche Versauerung auf offener See (DCE, 2021). Auch je nach Jahreszeit und je nachdem, ob die Messungen an der Meeresoberfläche oder am Meeresboden erfolgen, kann es zu erheblichen pH-Unterschieden kommen. In der Nordsee wurden zwischen 2022 und 2025 saisonale Schwankungen des pH-Werts von bis zu 0,45 Einheiten dokumentiert, während im Kattegat Schwankungen des pH-Werts von 0,7 registriert wurden. Im Öresund werden in den Sommermonaten pH-Unterschiede von bis zu 0,25 Einheiten zwischen Oberflächen- und Bodenwasser gemessen, ein Schichtungseffekt, der im zentralen Kattegat und in der Nordsee weniger verbreitet ist (Kemidata.dk, 2025).

#### 6.1.1.4 Bewertung von Umweltauswirkungen

##### 6.1.1.4.1 Flüsse und Seen

###### Bauphase

Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte, deren damit verbundene Bautätigkeiten Auswirkungen auf Oberflächengewässer haben können. Im Zusammenhang mit der Bauphase sind Fahrten und Arbeiten mit schweren Maschinen, Tief- und Vertikalbohrungen mit Bohrspülungen, die Zusätze enthalten können, Bau- und Aushubarbeiten usw. zu erwarten. Je nach Standort des jeweiligen Projekts, einschließlich der Nähe und Verbindung zu Flüssen und Seen, können diese Tätigkeiten beispielsweise Auswirkungen durch Verschütten, Unfälle und direkte Auswirkungen mit Maschinen haben. Im Rahmen von Baumaßnahmen ist grundsätzlich keine Wasserableitung erforderlich, es sei denn, es ist eine Grundwasserabsenkung erforderlich. Die Handhabung des hoch gepumpten Grundwassers erfolgt typischerweise durch Infiltration in

umliegende Gebiete, Versickerung oder Einleitung in andere Gewässer. Die Aktivitäten werden primär zur Kontamination mit umweltgefährdenden Schadstoffen beitragen, je nach Projekt und Standort kann es jedoch auch zu Auswirkungen auf die biologischen Qualitätskomponenten kommen, beispielsweise durch Ockerfreisetzung, Austritt von Bohrspülung sowie Störungen und/oder Eintrag von Erde oder Sediment in die Oberflächengewässer.

Allen oben genannten Aktivitäten ist gemeinsam, dass die Planung und Durchführung künftiger konkreter Projekte so organisiert werden, dass Auswirkungen vermieden werden, die zu einer Verschlechterung des Zustands eines oder mehrerer Qualitätskomponenten für Oberflächengewässer führen könnten. Daher muss sichergestellt werden, dass die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden, um eine Verschmutzung oder Beeinträchtigung von Flüssen und Seen zu vermeiden. Dies können Anforderungen an Notfallpläne, Reinigungslösungen sowie zusatzstoffhaltige Bohrspülprodukte usw. sein. Umfang und Art der Maßnahmen hängen vom konkreten Projekt und den betroffenen Oberflächengewässern ab.

Die konkreten von der Verordnung umfassten Projekte könnten Auswirkungen auf Flüsse und Seen haben. Welche Qualitätskomponenten potenziell gefährdet sind und in welchem Ausmaß die Auswirkungen auftreten, hängt insbesondere vom Standort des Projekts, der Baumethode und den örtlichen Gegebenheiten hinsichtlich der Oberflächengewässer ab. Das Ausmaß der Auswirkungen lässt sich daher auf dieser Planungsebene noch nicht abschließend beurteilen. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Projekte und möglichen Maßnahmen wird jedoch auf Grundlage der vorstehenden Ausführungen davon ausgegangen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Pilot- und Demonstrationsprojekte mit Maßnahmen im Rahmen und Geltungsbereich der Durchführungsverordnung umgesetzt werden können, ohne dass es während der Bauphase zu einer Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands der Oberflächengewässer kommt oder die Erreichung der festgelegten Umweltziele verhindert wird.

#### Betriebs- und Stilllegungsphase

Während der Betriebsphase können Flüsse und Seen durch unbeabsichtigtes Austreten von CO<sub>2</sub> und durch Ableitung von Oberflächenwasser aus der Anlage in die Umgebung beeinträchtigt werden.

Jegliches Austreten von CO<sub>2</sub> durch die Bodenmatrix in Oberflächengewässer kann möglicherweise die Wasserchemie beeinträchtigen, was wiederum Auswirkungen auf Wasserorganismen haben kann. Dies kann u. a. durch eine Versauerung der Bodenmatrix geschehen, die zur Mobilisierung und Freisetzung umweltgefährdender Schadstoffe führen kann. Um beurteilen zu können, ob es zu Auswirkungen kommt, die den Zustand einer oder mehrerer Qualitätskomponenten verschlechtern oder die Erreichung der Ziele für Oberflächengewässer sowie flussabwärts gelegene Gewässer verhindern könnten, sind Kenntnisse über den Standort und die Art der künftigen Anlagen zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> erforderlich. Laut GEUS ist die Wahrscheinlichkeit, dass CO<sub>2</sub> durch einen abdichtenden Bodentyp nach oben entweicht, sehr gering (GEUS, 2023). Sollte es zu einem Leck kommen, wird davon ausgegangen, dass dies rund um das Bohrloch passieren könnte, wo die abdichtende Bodenschicht beschädigt ist. Somit ist es möglich, eine definierte Leckstelle zu überwachen, sodass eine Freisetzung eingegrenzt werden kann. Zur Risikobewertung von CO<sub>2</sub>-Leckagen siehe Abschnitt 6.5.1.

Im Falle einer erforderlichen Einleitung von Oberflächenwasser aus Pilot- und Demonstrationsprojekten in der Betriebsphase wird grundsätzlich geprüft, ob im konkreten Vorhaben durch entsprechende Maßnahmen wie Reinigung, Dimensionierung, Standortwahl usw. sichergestellt werden kann, dass die Einleitung nicht zu einer Zustandsverschlechterung führt oder die Zielerreichung behindert.

In mehrfacher Hinsicht können, wie oben beschrieben, potenzielle Auswirkungen auf Oberflächengewässer bestehen, die im Zusammenhang mit einem späteren Projektentwurf und Genehmigungsantrag bewertet werden

müssen. Dabei ist darauf zu achten, dass die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden, damit es nicht zu Verunreinigungen oder sonstigen Beeinträchtigungen der Qualitätskomponenten der Oberflächengewässer kommt. Dies kann in Form von Anforderungen an Notfallpläne, Reinigungslösungen, Leckageüberwachung usw. erfolgen. Die Lösung hängt von der jeweiligen Anlage und den betroffenen Gewässern ab. Am Ende der Betriebszeit können die Injektionsbrunnen dauerhaft oder, falls eine spätere Nutzung gewünscht ist, vorübergehend geschlossen werden. Siehe Abschnitt 3.6.1.3 für eine nähere Erläuterung hierzu. Es wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass die Änderungen in der Durchführungsverordnung mit den erforderlichen Überlegungen umgesetzt werden können, ohne dass sich der Zustand der betroffenen Oberflächengewässer während der Betriebsphase eines Projekts verschlechtert oder die Zielerreichung behindert wird.

Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

Auf dieser übergeordneten Planungsebene und nach aktuellem Kenntnisstand zu den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten wird insgesamt davon ausgegangen, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne den ökologischen oder chemischen Zustand der betroffenen Oberflächengewässer zu beeinträchtigen oder die Zielerreichung in der Bau-, Betriebs- oder Stilllegungsphase zu behindern.

#### 6.1.1.4.2 Küstengewässer

##### Bauphase

Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte, deren damit verbundene Bautätigkeiten Auswirkungen auf die Küstengewässer und die Meeresumwelt haben können. Während der Bauphase kann es bei Bohrungen zu einer Sedimentausbreitung und zum unbeabsichtigten Austreten von Öl, Chemikalien, Bohrspülung mit Zusätzen usw. kommen, was die Einleitung und Verbreitung umweltgefährdender Schadstoffe und/oder physische Auswirkungen auf Meeresorganismen zur Folge haben kann. Der Umweltbericht bewertet die potenziellen Auswirkungen übergeordnet, da diese sowie ihr Ausmaß vom Standort, der Baumethode, den örtlichen Gegebenheiten usw. der einzelnen Pilot- und Demonstrationsprojekte abhängen.

Im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Bautätigkeiten, darunter auch Bohrungen im Meeresboden, kann es zu erhöhten Konzentrationen von Schwebstoffen in der Wassersäule und anschließenden Ablagerungen auf dem Meeresboden kommen. Dies kann Auswirkungen auf biologische Qualitätskomponenten wie Fische und benthische Wirbellose (Bodenfauna) haben. Für Fische kann dies eine schlechtere Sicht und damit eine Beeinträchtigung ihrer Nahrungssuche bedeuten. Für die Bodenfauna kann dies eine Bedeckung von Pflanzen und Bodentieren sowie eine Verringerung der Lichtverhältnisse bedeuten.

Bei der Errichtung von Injektionsanlagen und physischen Bohrungen im Meeresboden ist mit dem Austreten von Sedimenten zu rechnen. Die Sedimentfreisetzung aus den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten wird im Allgemeinen als in der unmittelbaren Umgebung begrenzt eingeschätzt. Dies basiert auf Studien zu anderen Projekten, bei denen Pipelines und Kabel auf dem Meeresboden verlegt wurden (z. B. (INEOS, 2022)).

Fische werden sich besser an die Sedimentausbreitung anpassen und im schlimmsten Fall während der Bauphase das Gebiet verlassen. Nach Abschluss der Bauphase werden die Fische schließlich in das Gebiet zurückkehren. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass besondere Brutgebiete für Fische nicht beeinträchtigt werden.

Die benthische Fauna ist im Allgemeinen resistent gegenüber Schwebstoffen im Wasser und deren anschließender Ablagerung auf dem Meeresboden, da der Meeresboden vielerorts eine dynamische Umgebung ist, in der Wellen und Strömungen auf natürliche Weise Schwebstoffe im Wasser verursachen oder die Sedimente bewegen können. Kurzfristig erhöhte Sedimentkonzentrationen in der Wassersäule und Ablagerungen von wenigen Zentimetern gelten für die benthische Fauna als vernachlässigbar, da die meisten Arten in der Lage sind, sich freizugraben. Bei einer Ablagerungstiefe von mehr als 5 bis 10 cm können bestimmte empfindliche Arten verschüttet werden.

Pflanzen wie Seegras können physischen Stress erleiden, wenn ein erheblicher Teil der Pflanze mit Sediment bedeckt ist, während größere Pflanzen weniger betroffen sind. Seegras kommt nur in Tiefen bis etwa 10 Metern vor, weshalb Seegras in größeren Tiefen nicht betroffen ist.

Eine konservative Annahme ist, dass eine Sedimentbedeckung von mehr als 20 cm erforderlich ist, bevor eine hemmende und tödliche Wirkung auf das Wachstum von Seegras und anderen Wurzelpflanzen erzielt werden kann (FEMA, 2013). Die Sedimentausbreitung während der Bauphase wird als begrenzt eingeschätzt. Da die Auswirkungen voraussichtlich nur von kurzer Dauer und lokal um etwaige Aushubarbeiten herum liegen, wird eine Auswirkung auf den Zustand der Qualitätskomponenten als unwahrscheinlich erachtet. Die Auswirkungen hängen jedoch maßgeblich vom Standort der Anlagen, der Baumethode, den örtlichen Gegebenheiten usw. der konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekte sowie den hydraulischen Verhältnissen und der vorhandenen Bodenfauna ab, weshalb diese vor Baubeginn untersucht werden müssen. Es wird jedoch erwartet, dass für Pilot- und Demonstrationsprojekte soweit wie möglich bestehende Anlagen auf See genutzt werden, vgl. Abschnitt 3.7.1.1, wodurch keine Bohrungen erforderlich sind und der Sedimenteintrag daher nicht das gleiche Ausmaß erreicht wie bei der Installation eines neuen Brunnens.

Der Verlust und die Veränderung des Lebensraums von weichem Boden zu hartem Untergrund im Zusammenhang mit der neuen Infrastruktur auf dem Meeresboden für Pilot- und Demonstrationsprojekte werden sich auf den Meeresboden und die damit verbundene benthische Fauna auswirken, die als Qualitätskomponente in den ökologischen Zustand in der Umgebung der neuen Anlagen einbezogen wird. Die lokale benthische Fauna wird durch die Störung des Meeresbodens verloren gehen, aber mit der Zeit werden die Bodenlebewesen die Möglichkeit haben, sich wieder anzusiedeln.

Die CO<sub>2</sub>-Speicheranlagen setzen keine Nährstoffe frei, aber durch die Sedimentausbreitung können Nährstoffe (Stickstoff und Phosphor) aus dem Sediment freigesetzt werden, was das Wachstum von Phytoplankton fördern kann, das als Qualitätskomponente in den ökologischen Zustand von Küstengewässern einbezogen wird. Wenn Phytoplankton stirbt, sinkt es auf den Boden und kann zu einem verstärkten biologischen Abbau führen, wobei Sauerstoff verbraucht wird. Dies kann möglicherweise den Sauerstoffgehalt im Wasser beeinträchtigen und zu Sauerstoffmangel führen (Hansen J.W. & Høglund S. (red.), 2021). Auch hier wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen lokal begrenzt und von begrenztem Ausmaß sein werden. Sauerstoff verbrauchende Arten wie Fische können bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen aus einem Gebiet abwandern und nach der Belastung wieder in das Gebiet zurückkehren. Die Bewertung konkreter Vorhaben muss auf der Grundlage von Berechnungen zur Stickstoffbelastung des Gewässers erfolgen.

Wie Nährstoffe können auch durch Sedimenteintrag umweltgefährdende Schadstoffe freigesetzt und in die umgebende Wasserumgebung verteilt werden, was möglicherweise toxische Auswirkungen auf die umgebenden Organismen in der Wassersäule oder im Sediment haben kann. Der chemische Zustand und der Zustand ländesspezifischer Stoffe werden anhand des Vorkommens umweltgefährdender Schadstoffe beurteilt. Die

Konzentrationen umweltgefährdender Schadstoffe werden jedoch in den großen Gewässern schnell verdünnt und haben somit keine Auswirkungen auf die aquatische Umwelt.

Bei der Genehmigung konkreter Pilot- und Demonstrationsprojekte muss geprüft werden, ob es benthische Tierarten gibt, die besonders empfindlich auf Sedimenteintrag und vorhandene Konzentrationen umweltgefährdender Schadstoffe reagieren, damit der Standort des jeweiligen Projekts an die spezifischen Bedingungen angepasst werden kann.

Art und Ausmaß der Auswirkungen hängen u. a. vom Standort des Projekts, der Baumethode und den örtlichen Gegebenheiten ab und können daher auf dieser Planungsebene nicht abschließend beurteilt werden. Im Zuge der Genehmigungsverfahren für spezifische Projekte durch die Behörden müssen die erforderlichen Maßnahmen ergriffen werden, um sicherzustellen, dass es zu keiner Verschmutzung oder sonstigen Beeinträchtigung der Qualitätskomponenten in den Küstengewässern kommt. Dies können beispielsweise Auflagen für Baumaßnahmen, Notfallpläne, Staudämme usw. sein. Die Lösung hängt von der jeweiligen Anlage und den betroffenen Gewässern ab.

Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Projekte und möglichen Maßnahmen wird jedoch auf Grundlage der vorstehenden Ausführungen davon ausgegangen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Pilot- und Demonstrationsprojekte auf See unter Berücksichtigung der erforderlichen Überlegungen und Maßnahmen im Rahmen und Geltungsbereich der Durchführungsverordnung umgesetzt werden können, ohne dass es während der Bauphase zu einer Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands der Küstengewässer kommt oder die Erreichung festgelegter Umweltziele verhindert wird.

#### Betriebs- und Stilllegungsphase

Während der Betriebsphase besteht die potenzielle Gefahr einer unbeabsichtigten Freisetzung oder einer allmählichen Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus dem Untergrund in die Meeresumwelt. Im Falle einer Leckage aufgrund eines Geräteausfalls, eines Blowouts oder eines Lecks im Bohrloch könnte es innerhalb eines kürzeren Zeitraums zu einer plötzlichen Freisetzung von CO<sub>2</sub> kommen. Studien zeigen, dass bei einem Blowout Leckagen von bis zu etwa 17.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tag möglich sind (Bhuvankar, Cihan, & Birkholzer, 2022).

Wie in Abschnitt 3.8.1.2 beschrieben, führt die Freisetzung CO<sub>2</sub> in die Meeresumwelt zur Bildung von Kohlensäure und möglicherweise zu einer Versauerung des Wassers, wodurch der pH-Wert sinkt und das Wasser saurer wird. Im Falle eines möglichen Blowouts durchläuft das gespeicherte CO<sub>2</sub> einen Übergang vom überkritischen Fluid in den gasförmigen Zustand, bevor das Gas an die Meeresoberfläche gelangt. Trotz der großen Menge an CO<sub>2</sub>, auf der die Modellierung von Blowout-Szenarien im Greensand-Projekt basiert (DHI, 2023), zeigen die Ergebnisse, dass pH-Schwankungen von mehr als einer Einheit typischerweise sehr kurzlebig sind – von einigen Minuten bis zu einigen Stunden – und auf einen Bereich von etwa 40 Metern auf beiden Seiten der oberen Wassersäule über dem Brunnen beschränkt sind. In einer Entfernung von 250 Metern vom Epizentrum des Blowouts wurden keine signifikanten pH-Änderungen beobachtet, während die Auswirkungen zudem auf die oberen etwa 10 Meter der Wassersäule beschränkt sind. Da in der Simulation eine Speicherkapazität (10.000.000 Tonnen) verwendet wird, die deutlich größer ist als die, die für ein Pilot- oder Demonstrationsprojekt relevant wäre, werden die tatsächlichen Auswirkungen der pH-Änderungen während eines Blowouts auf die Küstengewässer und die Meeresumwelt als noch geringer eingeschätzt – sowohl in räumlicher Ausdehnung als auch in Intensität und Dauer. Die Wahrscheinlichkeit eines Blowouts wird jedoch als gering eingeschätzt und im schlimmsten Fall könnte eine versehentliche CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus einem Pilot- und Demonstrationsprojekt einen begrenzten Bereich in jeder Richtung um die Leckstelle herum beeinträchtigen, wo möglicherweise ein erheblicher Abfall des pH-Werts zu verzeichnen wäre. Dieser Effekt kann die Verfügbarkeit von Karbonat im Wasser

verringern, das für die in der Wassersäule lebende Fauna mit Schalen und Kalkskeletten, wie z. B. Plankton, von entscheidender Bedeutung ist (siehe Abschnitt 6.2.4.4). Darüber hinaus sind Schwankungen des pH-Werts ein natürlicher Teil der Dynamik des Karbonatsystems. Sowohl in der Nordsee als auch im Kattegat und im Öresund liegen die saisonalen Schwankungen des pH-Werts zwischen 0,4 und 0,7 (DCE, 2021).

Auf dieser Grundlage werden die Auswirkungen auf die Küstengewässer und die Meeresumwelt infolge von pH-Änderungen bei einem Blowout als unwahrscheinlich und lokaler Natur sowie von mittlerer Intensität eingeschätzt, während davon ausgegangen wird, dass ein Blowout vorübergehender Natur ist, da er relativ schnell behoben wird. Die Auswirkungen hängen zudem in hohem Maße vom Standort der Anlagen, den örtlichen hydraulischen Bedingungen usw. ab. Insgesamt werden die Umweltauswirkungen durch pH-Änderungen im Zusammenhang mit einem Blowout als von geringer Bedeutung und somit nicht erheblich eingeschätzt.

Während der Betriebs- und Stilllegungsphase kann es beispielsweise im Zusammenhang mit der Verschlechterung der Brunnenzementierung oder der Stahlrohre zu CO<sub>2</sub>-Leckagen kommen, wenn Injektionsbrunnen nach der Stilllegung nicht ordnungsgemäß abgedichtet werden oder durch natürliche Schwachstellen im Untergrund. All dies würde zu einer allmählichen Freisetzung von CO<sub>2</sub> in den Meeresboden führen (siehe Abschnitt 3.8.1.2). GEUS (2023) kommt zu dem Schluss, dass die Wahrscheinlichkeit, dass CO<sub>2</sub> durch die abdichtende Bodenschicht nach oben sickert, sehr gering ist. Daher wird davon ausgegangen, dass Leckagen am wahrscheinlichsten im Bereich des Bohrlochs auftreten, wo die abdichtende Bodenschicht, die Zementierung oder das Stahlrohr des Brunnens beschädigt ist. Somit ist es möglich, eine definierte Leckstelle zu überwachen. Das Austreten von CO<sub>2</sub> aus dem Untergrund in die Meeresumwelt kann mehrere potenzielle Auswirkungen haben. Eine Freisetzung von CO<sub>2</sub> in den Meeresboden führt zur Bildung von Kohlensäure und zur Versauerung des Wassers, was negative Folgen sowohl für die Flora und Fauna des Meeresbodens als auch für die Wasserchemie in Form von pH-Änderungen und der Freisetzung von Spuren elementen haben kann. Einer Reihe von Fallstudien zufolge, die im Zusammenhang mit dem Greensand-CCS-Projekt hervorgehoben wurden, könnte ein CO<sub>2</sub>-Leck am Meeresboden im schlimmsten Fall einen Bereich von etwa 200 m von der Leckstelle aus beeinträchtigen, wo ein erheblicher Abfall des pH-Werts registriert werden könnte. Die Versauerung kann die mikrobielle Aktivität und die benthischen Bestände beeinträchtigen, insbesondere jene mit kalkhaltigen Strukturen, während größere Meeresorganismen wie Fische im Vergleich zu Landtieren in der Regel anfälliger für einen Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts und, bei manchen Arten, für veränderte pH-Werte sind (Murray, Wiley, & Baumann, 2019; Jakobsen, 2020) (vgl. Abschnitt 6.2.4.4). Obwohl das Risiko eines Lecks als unwahrscheinlich eingeschätzt wird, wird es wahrscheinlich in der Nähe von Bohrungen auftreten, die kontinuierlich überwacht werden und wo verschiedene Maßnahmen ergriffen werden können, um das Leck zu stoppen.

Es ist davon auszugehen, dass ein CO<sub>2</sub>-Leck infolge der Versauerung im Allgemeinen den pH-Wert in einem sehr begrenzten Bereich rund um den Meeresboden beeinflusst. Die Auswirkungen auf die benthischen Tierbestände in diesem Gebiet werden als vernachlässigbar angesehen. Bei der Genehmigung konkreter Pilot- und Demonstrationsprojekte muss geprüft werden, ob es benthische Tierarten gibt, die besonders empfindlich Versauerung reagieren, damit der Standort des jeweiligen Projekts an die spezifischen Bedingungen angepasst werden kann. Die sonstige Artenvielfalt wird so eingeschätzt, dass sie aus den betroffenen Gebieten abwandern kann, wobei nach einiger Zeit eine Neubesiedlung erfolgen wird.

Schwere Unfälle wie Schiffskollisionen und großflächige Ölverschmutzungen können erhebliche Folgen für die Wasserqualität und die Sedimente am Meeresboden haben. Der Einsatz von Schiffen in der Bau- und Betriebsphase von Pilot- und Demonstrationsprojekten wird nicht als Erhöhung dieses Risikos und der daraus resultierenden Auswirkungen auf die Küstengewässer angesehen, wenn die aktuellen Richtlinien zur Verhütung und Vermeidung von Unfällen auf See befolgt werden. Da die Technologien und Arbeitsprozesse zur CO<sub>2</sub>-Injektion

auf bestehenden Plattformen, die seit Jahrzehnten zur Ölförderung eingesetzt werden, gut bekannt sind, gelten Unfälle im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Injektion als selten.

Die konkreten von der Verordnung umfassten Projekte könnten während der Betriebsphase Auswirkungen auf Küstengewässer haben. Das Ausmaß der Auswirkungen hängt u. a. vom Standort des Projekts, der Baumethode und den örtlichen Gegebenheiten ab und Art und Ausmaß der Auswirkungen können daher auf dieser Planungsebene nicht abschließend beurteilt werden. Im Zuge der Genehmigungsverfahren für spezifische Projekte durch die Behörden müssen die erforderlichen Maßnahmen ergriffen werden, um sicherzustellen, dass es zu keiner Verschmutzung oder sonstigen Beeinträchtigung der Qualitätskomponenten in den Küstengewässern kommt. Dies kann in Form von Anforderungen an Notfallpläne, Überwachung usw. erfolgen. Die Lösung hängt von der jeweiligen Anlage und den betroffenen Gewässern ab.

Am Ende der Betriebszeit können die Injektionsbrunnen dauerhaft oder, falls eine spätere Nutzung gewünscht ist, vorübergehend geschlossen werden. Siehe Abschnitt 3.7.1.3 für eine nähere Erläuterung hierzu.

Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Projekte und möglichen Maßnahmen wird jedoch auf Grundlage der vorstehenden Ausführungen davon ausgegangen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Pilot- und Demonstrationsprojekte auf See unter Berücksichtigung der erforderlichen Überlegungen und Maßnahmen im Rahmen und Geltungsbereich der Durchführungsverordnung betrieben werden können, ohne dass es während der Betriebs- und Stilllegungsphase zu einer Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands der Küstengewässer und der Meeresumwelt kommt oder die Erreichung festgelegter Umweltziele verhindert wird.

#### Gesamtbewertung

Auf dieser übergeordneten Planungsebene und nach aktuellem Kenntnisstand zu den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten wird insgesamt davon ausgegangen, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne den ökologischen oder chemischen Zustand der betroffenen Oberflächengewässer und Küstengewässer zu beeinträchtigen oder die Zielerreichung in Dänemark oder angrenzenden Nachbarländern während der Bau-, Betriebs- oder Stilllegungsphase zu behindern.

#### *6.1.1.5 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen*

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob insgesamt die Gefahr einer Verschlechterung des Zustands oder einer Verhinderung der Zielerreichung für Oberflächengewässer, einschließlich Küstengewässer, besteht. Die Kumulierung und Verknüpfung mit anderen übergeordneten Plänen, einschließlich des maritimen Raumordnungsplans, der Meeresstrategie und anderer Durchführungsverordnungen usw., werden im Abschnitt 4.6 beschrieben.

Die kumulativen Auswirkungen können auf eine erhöhte Schwebstoffbelastung in der Wassersäule und nachfolgende Sedimentablagerungen zurückzuführen sein, die durch Sedimenteintrag aus anderen Projekten verursacht werden, beispielsweise durch Baggerarbeiten, Grundsleppnetzfischerei oder Bauarbeiten an Offshore-Windkraftanlagen, Seekabeln oder anderen Installationen am Meeresboden. Auch die Einleitung von Nährstoffen oder umweltgefährdenden Schadstoffen in Süßwasser- oder Meeresgewässer kann kumulative Auswirkungen haben.

Die Kumulierung mit regionalen, kommunalen und lokalen Plänen hängt vom Standort des konkreten Projekts ab, der noch nicht entschieden ist. Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich daher auf dieser übergeordneten Ebene nicht beurteilen. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt, auch aufgrund geltender Grenzwerte usw. in der Wasserrahmenrichtlinie.

#### **6.1.1.6 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen**

Die Planung künftiger spezifischer Projekte, einschließlich der Standortbestimmung der Projekte, der Vorbereitung eines Notfallplans im Zusammenhang mit Bohrungen und für den Fall einer Bohrspülungsleckage, der Drucküberwachung, der Auswahl von Bohrspülungsprodukten usw. kann dazu beitragen, die potenziellen Auswirkungen der unter die Durchführungsverordnung fallenden Projekte auf Oberflächengewässer, einschließlich Küstengewässer, zu verringern. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass auf Planungsebene keine zusätzlichen Maßnahmen oder eine Überwachung der Umweltauswirkungen der Durchführungsverordnung erforderlich sind, da der Erlass der Durchführungsverordnung den Zustand der Oberflächengewässer, einschließlich der Küstengewässer, nicht verschlechtern oder die Erreichung der Ziele verhindern würde. Allerdings muss im Einzelfall geprüft werden, ob Umstände vorliegen, die besondere Maßnahmen erfordern.

### **6.1.2 Grundwasser**

Dieser Abschnitt behandelt die möglichen Auswirkungen der Durchführungsverordnung auf das Grundwasser. Bei der Beurteilung des Grundwassers wird u. a. festgestellt, ob sich der chemische oder quantitative Zustand bestimmter Grundwasserkörper verschlechtert und ob die Gefahr besteht, dass in diesen kein guter Zustand erreicht wird. Die Bewertungen der ausgewiesenen Grundwasserkörper gelten für alle Grundwasserarten.

#### **6.1.2.1 Rechtsgrundlage und Umweltziele**

Der Grundwasserschutz wird in einer Reihe von Gesetzen und Verordnungen geregelt, die zusammen die Grundlage für die Wasserplanung und -verwaltung in Bezug auf das Grundwasser, einschließlich Trinkwasser, bilden.

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie schafft einen Rahmen für den Schutz der Grundwasserkörper. Die Richtlinie wurde in den Gewässerplänen und einer Reihe von Durchführungsverordnungen umgesetzt. Ziel der Gewässerpläne ist u. a., dass alle Grundwasserkörper innerhalb der Planlaufzeit einen „guten“ chemischen und mengenmäßigen Zustand erreichen. Für das Grundwasser bedeutet dies, dass die Wasserentnahme die Grundwasserneubildung langfristig nicht übersteigen darf (quantitativer Zustand) und dass das Grundwasser eine gute Qualität aufweisen muss (chemischer Zustand). Gemäß § 8 Abs. 2 der Durchführungsverordnung über Maßnahmenprogramme dürfen Behörden Entscheidungen, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf einen Grundwasserkörper haben, nur dann treffen, wenn das Umweltziel erreicht wurde und die Entscheidung nicht zu einer Verschlechterung des Zustands des Grundwasserkörpers führt. Bei Nichterreichen des Umweltziels ist eine weitere Voraussetzung, dass die Entscheidung die Erreichung des festgelegten Umweltziels, auch durch die im Maßnahmenprogramm festgelegten Maßnahmen, nicht verhindert, vgl. § 8 Absatz 3 der Durchführungsverordnung über Maßnahmenprogramme.

Ziel des dänischen Wasserhaushaltsgesetzes ist es, sicherzustellen, dass die Nutzung und der damit verbundene Schutz der Gewässer nach einer umfassenden Planung erfolgen.<sup>18</sup> Dies muss nach einer Gesamtbewertung der Ausdehnung der Gewässer und der Bedürfnisse der Bevölkerung und der Wirtschaft nach einer ausreichenden und qualitativ zufriedenstellenden Wasserversorgung erfolgen, wobei der Umweltschutz, der Naturschutz und die Erhaltung der Qualität der Umgebung berücksichtigt werden müssen. Im Rahmen der staatlichen Grundwasserkartierung in Dänemark werden besonders schutzwürdige Gebiete für die Trinkwasserversorgung (OSD), schutzwürdige Gebiete für die Trinkwasserversorgung (OD), Einzugsgebiete für die öffentliche Wasserversorgung, Maßnahmengebiete (IO) und ausgewiesene brunnennahe Schutzgebiete (BNBO) um öffentliche Trinkwasserbohrungen herum ausgewiesen. Für die ausgewiesenen Maßnahmengebiete müssen die Gemeinden Maßnahmenpläne zum Grundwasserschutz erstellen und sind auch für die Erteilung von Genehmigungen zur Wasserentnahme zuständig.

#### 6.1.2.2 *Methode*

Die Bewertung der Auswirkungen auf den quantitativen und chemischen Zustand der Grundwasserkörper wurde gemäß dem Wasserplanungsgesetz und der Durchführungsverordnung wie oben beschrieben durchgeführt. Nach aktuellem Kenntnisstand über den Zustand der Grundwasserkörper und die potenziellen Auswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten wurde eine Bewertung vorgenommen, ob der Erlass der Durchführungsverordnung den Zustand der Grundwasserkörper verschlechtern oder die Erreichung der Umweltziele in Bezug auf diese verhindern könnte. Die Beschreibungen der Grundwasserkörper wurden auf der aktuellen Wissensgrundlage erstellt, indem Informationen aus den Gewässerplänen für 2021–2027 gewonnen wurden (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2023). Überarbeitung der Gewässerpläne III und der Zustandsbewertungen in MiljøGIS sowie relevanter öffentlich zugänglicher Datenbanken, einschließlich vandplandata.dk.

Die Beurteilung erfolgt auf einer allgemeinen Ebene, die der im Plan geregelten Ebene entspricht, wobei z. B. noch keine Entscheidungen über konkrete Standorte, Baumethoden usw. für künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte getroffen wurden.

#### 6.1.2.3 *Aktuelle Bedingungen*

Grundwasserkörper werden in drei Typen unterteilt: oberflächennahe, regionale und tiefe. Die Einteilung richtet sich u. a. nach ihrer Lage, den darüberliegenden geologischen Schichten, ihrer Wasserzufuhr und ihrer Bedeutung für die umliegenden Oberflächengewässer und Feuchtgebiete. Der Zustand der Grundwasserkörper in Dänemark wird anhand des quantitativen und des chemischen Zustands beurteilt. Es gibt keine Grundwasserkörper, die bei der Überarbeitung der Gewässerpläne 2021–2027 als insgesamt in einem guten quantitativen und guten chemischen Zustand befunden wurden. Bezuglich des chemischen Zustands wurde festgestellt, dass ein erheblicher Anteil der Grundwasserkörper das Umweltziel nicht erfüllt, vor allem aufgrund der Überschreitung von Grenzwerten für Stoffe wie Nitrat, Pestizidrückstände und deren Abbauprodukte (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2023). Bezuglich der Quantität wurde in mehreren Gebieten eine Übernutzung beobachtet, bei der die Entnahme die natürliche Grundwasserneubildung übersteigt, was zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels und zu Auswirkungen auf die damit verbundenen Ökosysteme führen kann.

---

<sup>18</sup>Durchführungsverordnung Nr. 1149 vom 28.10.2024, Verordnung zum Wasserversorgungsgesetz usw., <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2024/1149>

#### 6.1.2.4 Bewertung von Umweltauswirkungen

##### Bauphase

Im Zusammenhang mit Vertikalbohrungen wird während der Bauphase Bohrspülung mit Zusatzstoffen verwendet, die potenziell Auswirkungen auf die Grundwasserkörper und die Trinkwasserqualität haben kann. Dies liegt daran, dass Bohrspülung je nach Bohrlochdruck sowie Porosität und Durchlässigkeit des Reservoirs in benachbarte geologische Formationen eindringen kann. In einem porösen Reservoir beträgt die Eindringtiefe der Bohrspülung meist zwischen 1 und 5 m vom Bohrloch (Renpu, 2011). Der Eintritt wird normalerweise durch die Optimierung der Eigenschaften der Bohrspülung gesteuert. Es können jedoch Leckagen in den während des Bohrens installierten Rohrtouren (Casings) auftreten.

Je nach Ausmaß und natürlichem Schutz der Grundwasserkörper kann eine mögliche Auswirkung auf das Grundwasser schwer einzudämmen sein und langfristige Folgen haben. Die potenziellen Auswirkungen hängen von der Art und dem Standort der Anlagen und Bohrungen ab, die in oder außerhalb von besonders schutzwürdigen Gebieten für die Trinkwasserversorgung (OSD) und Einzugsgebieten stattfinden können. Um eine Verschlechterung des Grundwasserzustands zu vermeiden, müssen Planung und Ausführung künftiger konkreter Projekte unter Berücksichtigung der lokalen Trinkwasserinteressen erfolgen. Daher muss sichergestellt werden, dass die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden, damit es nicht zu Verunreinigungen oder sonstigen Beeinträchtigungen des Grundwassers kommt. Dies kann in Form von Anforderungen an Notfallpläne, Reinigungslösungen usw. erfolgen. Die Lösung hängt vom jeweiligen Projekt und den betroffenen Gewässern ab. Darüber hinaus wird erwartet, dass die Anlagen möglichst außerhalb von besonders schutzwürdigen Gebieten für die Trinkwasserversorgung (OSD), Einzugsgebieten für die öffentliche Wasserversorgung, brunnennahen Schutzgebieten (BNBO) und Maßnahmengebieten (IO) errichtet werden.

Im Zusammenhang mit der Installation von CO<sub>2</sub>-Speichern kann es erforderlich sein, vorübergehend eine Grundwasserabsenkung vorzunehmen. Eine Grundwasserabsenkung kann sich auf die physikalische Beschaffenheit und Strömung von Grundwasserkörpern auswirken, was möglicherweise zu einer Änderung der Transportwege für umweltgefährdende Schadstoffe oder zu Beeinträchtigungen der nahegelegenen Förderinteressen führen kann.

Die Umweltprüfung der Verordnung erfolgt auf einer allgemeinen Ebene, die der im Plan geregelten Ebene entspricht, wobei z. B. der konkrete Standort, die Mengen, Methoden und technischen Anlagen für Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht berücksichtigt wurden. In mehrfacher Hinsicht kann es, wie oben beschrieben, zu potenziellen Auswirkungen auf den Zustand der Grundwasserkörper während der Bauphase kommen, die im Zusammenhang mit dem künftigen konkreten Projekt zu bewerten sind. Dabei ist darauf zu achten, dass die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden, damit es nicht zu einer Verschlechterung des Zustands oder einer Beeinträchtigung der Zielerreichung in Grundwasserkörpern kommt. Diese Maßnahmen können beispielsweise Anforderungen an Bohrmethoden, die Zusammensetzung der Bohrspülung, einschließlich der Begrenzung von Zusatzstoffen, das Verschließen von Bohrlöchern, die Überwachung der Grundwasserqualität, Notfallpläne usw. umfassen. Die Wahl der Lösungen hängt von den Merkmalen des Projekts, den spezifischen hydrogeologischen Bedingungen in der Region und dem Zustand des Grundwasserkörpers usw. ab. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Projekte und möglichen Maßnahmen wird auf Grundlage des Vorstehenden davon ausgegangen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Projekte auf See wie auch an Land mit Maßnahmen im Rahmen und Geltungsbereich der Durchführungsverordnung umgesetzt werden können, ohne dass es zu einer Verschlechterung des chemischen oder quantitativen Zustands der Grundwasserkörper und des Trinkwassers kommt oder die Erreichung der festgelegten Umweltziele verhindert wird.

### Betriebsphase

Während der Betriebsphase besteht die Gefahr, dass Grundwasserkörper durch einen unbeabsichtigten CO<sub>2</sub>-Austritt beeinträchtigt werden. Erfahrungen aus Öl- und Gasfeldern sowie aus Erdgasspeichern zeigen, dass die auf dänischem Gebiet weit verbreiteten Barrieregesteine dicht sind. Das größte Risiko eines Durchsickerns durch das Barrieregestein besteht, wenn Risse oder kleine Verwerfungszenen das gesamte Barrieregestein durchziehen. Durch die geophysikalischen Messungen (Seismik) werden größere Störungen identifiziert, die einen Speicherkomplex bereits im Vorfeld disqualifizieren. GEUS geht davon aus, dass es sehr unwahrscheinlich ist, dass CO<sub>2</sub> durch das abdichtende Gestein sickert. Sollte dies geschehen, wird es nur in sehr geringem Maße geschehen und CO<sub>2</sub> wird sich im gesamten geologischen Gebiet verteilen. Neue und alte Bohrungen können zu Freisetzung/Leckagen aus einer Lagerstätte führen. Diese werden jedoch kontinuierlich überwacht und es können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden, um die Leckagen zu stoppen (GEUS, 2023).

GEUS geht davon aus, dass das Risiko einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus der unterirdischen Lagerstätte (CCS) sehr gering ist, sofern die verschiedenen Phasen (Exploration, Betrieb/Injektion und Stilllegung) gemäß den geltenden Richtlinien durchgeführt werden, wie sie in der CCS-Richtlinie der EU und den ISO-Normen beschrieben sind. Das Barrieregestein sorgt dafür, dass CO<sub>2</sub> im Reservoir zurückgehalten wird und nicht an die Oberfläche steigt.

Während der Betriebsphase könnten Grundwasser und Trinkwasserkörper im Falle einer unbeabsichtigten Freisetzung von CO<sub>2</sub> potenziell beeinträchtigt werden, was zur Versauerung des Grundwassers lokal im Umfeld der Injektionsbohrung beitragen kann. Dadurch kann es aufgrund der erhöhten Löslichkeit zur Mobilisierung umweltgefährdender Schadstoffe kommen. Mögliche Veränderungen werden jedoch nicht als so bedeutend angesehen, dass sie die Nutzbarkeit des Trinkwassers beeinträchtigen. Die Freisetzung von Spurenelementen kann jedoch im Hinblick auf die Grenzwerte ein Problem darstellen (Jakobsen, 2020).

Die Auswirkungen werden ausschließlich lokal im Umfeld der Bohrungen liegen und durch kontinuierliche Überwachung können die potenziellen Auswirkungen schnell gestoppt werden. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es unwahrscheinlich ist, dass die von der Durchführungsverordnung umfassten Aktivitäten Auswirkungen auf Grundwasser und Trinkwasserkörper haben werden, die den Zustand verschlechtern oder auf andere Weise die Erreichung der Ziele für Grundwasserkörper infolge von CO<sub>2</sub>-Leckagen verhindern könnten. Im Rahmen der Bearbeitung des konkreten Projekts wird zudem ein Schwerpunkt auf das Thema CO<sub>2</sub>-Leckage gelegt.

Die CO<sub>2</sub>-Injektion ist eine etablierte Technologie, die seit mehreren Jahrzehnten auf Öl- und Gasplattformen in Dänemark eingesetzt wird. Aufgrund der Erfahrungen aus der Nordsee gelten Unfälle als selten. Darüber hinaus umfassen die Erfahrungen aus Öl- und Gasplattformen auch die Umsetzung von Sicherheitsmaßnahmen im Falle von Störungen und Unfällen. Beispielsweise wird ein sogenannter „Blowout-Preventer“ (BOP) verwendet, ein spezielles Ventil oder mechanisches Gerät, das zum Abdichten, Steuern und Überwachen von Brunnen verwendet wird, um die unkontrollierte Freisetzung von Gasen oder Öl zu verhindern. Eine andere Methode ist das „Well Kill“, bei dem eine Säule aus Flüssigkeit mit hoher Dichte in ein Bohrloch eingebracht wird, um das Austreten von Flüssigkeiten oder Gasen aus einem Reservoir zu verhindern.

Durch die Injektion von CO<sub>2</sub> kann es zu einer Verdrängung von Salzwasser aus dem Porenraum des Reservoirs kommen. Das Ausmaß dieser Verdrängung hängt von mehreren Faktoren ab, darunter Injektionsgeschwindigkeit, Durchlässigkeit und Porosität sowie die spezifischen Eigenschaften sowohl der Sole als auch des CO<sub>2</sub>. Theoretisch könnte dies zum Eindringen von Salzwasser in angrenzende Grundwasserkörper führen. Das Risiko einer Aufwärtswanderung von Salzwasser und eines Eindringens in Grundwasserkörper wird jedoch allgemein als unwahrscheinlich angesehen (Jakobsen, 2020). Eine mögliche Verlagerung hängt darüber hinaus von weiteren

Faktoren ab, beispielsweise von der Löslichkeit des CO<sub>2</sub> im Porenwasser, weshalb die Gefahr eines Salzwassereintritts in Grundwasserkörper als unwahrscheinlich gilt. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es unwahrscheinlich ist, dass die von der Durchführungsverordnung umfassten Aktivitäten Auswirkungen haben, den Zustand der betroffenen Grundwasserkörper verändern oder die Erreichung der Ziele infolge einer Salzwasserverdrängung auf andere Weise verhindern.

Die Umweltprüfung der Verordnung erfolgt auf einer allgemeinen Ebene, die der im Plan geregelten Ebene entspricht, wobei z. B. der konkrete Standort, die Mengen, Methoden und technischen Anlagen für Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht berücksichtigt wurden. In mehrfacher Hinsicht kann es, wie oben beschrieben, zu potenziellen Auswirkungen auf den Zustand der Grundwasserkörper während der Betriebsphase kommen, die im Zusammenhang mit dem künftigen konkreten Projekt zu bewerten sind. Dabei ist darauf zu achten, dass die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden, damit es nicht zu einer Verschlechterung des Zustands oder einer Beeinträchtigung der Zielerreichung in Grundwasserkörpern kommt. Diese Maßnahmen können beispielsweise Anforderungen zur Überwachung der Grundwasserqualität, Notfallpläne usw. umfassen. Die Wahl der Lösungen hängt von den Merkmalen des Projekts, den spezifischen hydrogeologischen Bedingungen in der Region und dem Zustand des Grundwasserkörpers usw. ab. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Projekte und möglichen Maßnahmen wird auf Grundlage des Vorstehenden davon ausgegangen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Projekte auf See wie auch an Land mit Maßnahmen im Rahmen und Geltungsbereich der Durchführungsverordnung umgesetzt werden können, ohne dass es zu einer Verschlechterung des chemischen oder quantitativen Zustands der Grundwasserkörper und des Trinkwassers kommt oder die Erreichung der festgelegten Umweltziele verhindert wird.

#### Stilllegung von Injektionsbrunnen

Am Ende der Betriebszeit können die Injektionsbrunnen dauerhaft oder, falls eine spätere Nutzung gewünscht ist, vorübergehend geschlossen werden. Siehe Abschnitt 3.6.1.3 für eine nähere Erläuterung hierzu. Es wird davon ausgegangen, dass die Änderungen der Durchführungsverordnung unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.6.1.3 genannten erforderlichen Überlegungen umgesetzt werden können, ohne den Zustand zu verschlechtern oder die Zielerreichung zu verhindern.

#### Gesamtbewertung

Auswirkungen auf Grundwasserkörper treten vor allem im Zusammenhang mit Bohrungen und einem eventuellen Austritt von CO<sub>2</sub> aus unterirdischen Lagerstätten auf. Ausmaß und Auswirkungen einer Leckage hängen vom Standort und der Art des Vorhabens ab und sind insbesondere von der konkreten Situation im Hinblick auf die Grundwasserkörper abhängig. GEUS schätzt das Risiko eines CO<sub>2</sub>-Austritts aus der unterirdischen Lagerstätte jedoch als sehr gering ein. Um dieses Risiko zu minimieren, ist die Identifizierung von Rissen und die Überwachung von Bohrungen von entscheidender Bedeutung.

Auf Grundlage der vorstehenden Ausführungen für die Bau- und Betriebsphase wird davon ausgegangen, dass die Änderung des geografischen Geltungsbereichs der Durchführungsverordnung weder zu einer Verschlechterung des chemischen noch des quantitativen Zustands der Grundwasserkörper und des Trinkwassers führt oder die Erreichung der festgelegten Umweltziele verhindert.

#### **6.1.2.5 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen**

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch den Plan ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob insgesamt die Gefahr einer Verschlechterung des Zustands oder einer

Verhinderung der Zielerreichung für Grundwasserkörper besteht. Die Kumulierung und Verknüpfung mit anderen übergeordneten Plänen, einschließlich Durchführungsverordnungen, werden im Abschnitt 4.6 beschrieben. Die Kumulierung mit regionalen, kommunalen und lokalen Plänen hängt vom Standort des konkreten Projekts ab, der noch nicht entschieden ist. Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich somit auf dieser gesamtstrategischen Ebene nicht beurteilen. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte angeordnet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen kommt.

#### 6.1.2.6 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen

Die Planung künftiger spezifischer Projekte, einschließlich der Standortbestimmung der Projekte, der Vorbereitung eines Notfallplans im Zusammenhang mit Bohrungen und für den Fall einer Bohrspülungsleckage, der Drucküberwachung, der Auswahl von Bohrspülungsprodukten usw. kann dazu beitragen, die potenziellen Auswirkungen der unter die Durchführungsverordnung fallenden Projekte auf Grundwasser und Trinkwasser zu verringern. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass auf Planungsebene keine zusätzlichen Maßnahmen oder eine Überwachung der Umweltauswirkungen der Durchführungsverordnung erforderlich sind, da der Erlass der Durchführungsverordnung den Zustand der Grundwasserkörper oder des Trinkwassers nicht verschlechtern oder die Erreichung der Ziele verhindern würde.

#### 6.1.3 Gesamtbewertung für Wasser

Die Ausweitung des geografischen Geltungsbereichs der Durchführungsverordnung auf das gesamte See- und Landgebiet Dänemarks wird den Zustand der Gewässer (Küstengewässer, Flüsse, Seen und Grundwasser) voraussichtlich nicht verschlechtern oder die Erreichung der darin enthaltenen Ziele in Dänemark oder angrenzenden Nachbarländern behindern.

### 6.2 Biologische Vielfalt, Flora und Fauna

Das Kapitel umfasst die Auswirkungen auf die terrestrische und marine Natur im Zusammenhang mit dem Erlass der Durchführungsverordnung. Die bewerteten natürlichen Bedingungen umfassen geschützte Lebensraumtypen, Naturgebiete und Arten sowie die biologische Vielfalt im weiteren Sinne und bestehen aus Anhang IV-Arten, Natura-2000-Gebieten, Schutzgebieten nach § 3, sonstiger Natur und Bau- und Schutzlinien. Die vorliegende Bewertung umfasst potenzielle Auswirkungen in Bezug auf die biologische Vielfalt, Flora und Fauna. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen dieses Umweltaspekts umfasst sowohl Dänemark als auch die angrenzenden Nachbarländer, da sich die Auswirkungen über die Grenzen hinweg nicht unterscheiden.

Dänemark verfügt über acht UNESCO-Welterbestätten. Bei diesen Stätten handelt es sich um Orte von bedeutendem Wert für Kultur oder Natur. Eines der Gebiete, das „Wattenmeer“, erstreckt sich bis nach Deutschland und die Niederlande. Im Falle eines spezifischen Projekts zur CO<sub>2</sub>-Speicherung, das sich innerhalb oder in der Nähe einer Welterbestätte befindet und somit möglicherweise Auswirkungen auf die Welterbestätte hat, muss eine Bewertung gemäß der „World Heritage Advice Note on Environmental Assessment“ der IUCN durchgeführt werden (IUCN, 2013). Die Bewertung muss sicherstellen, dass die potenziellen Auswirkungen des vorgeschlagenen Projekts auf den außergewöhnlichen universellen Wert des Standorts im Entscheidungsprozess umfassend berücksichtigt werden, mit dem Hauptziel, diese einzigartigen Standorte (sowohl die dänischen als auch das mit Deutschland und den Niederlanden geteilte Gebiet) für künftige Generationen zu erhalten. Der Standort und die Größe der einzelnen Projekte wurden auf dieser übergeordneten Ebene nicht ermittelt, sodass eine Bewertung gemäß den Richtlinien der IUCN nicht möglich ist. Dies muss ggfs. im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung der spezifischen Projekte erfolgen, die durch die Durchführungsverordnung ermöglicht werden.

## 6.2.1 Anhang IV

Es gibt eine Reihe von Tier- und Pflanzenarten, die durch die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) der EU besonders geschützt sind. Diese Arten sind in Anhang IV der Richtlinie aufgeführt und werden als Arten des Anhangs IV oder Anhang-IV-Arten bezeichnet. Mehrere der Anhang-IV-Arten sind zusätzlich durch die Artenschutzverordnung geschützt. Im Folgenden werden mögliche Auswirkungen auf Anhang-IV-Arten im Zusammenhang mit der Verabschiedung der Durchführungsverordnung beschrieben und bewertet.

### 6.2.1.1 Rechtsgrundlage und Umweltziele

Nach § 10 der FFH-Verordnung dürfen keine Pläne oder Projekte umgesetzt werden, die die ökologische Funktionalität eines Brut- oder Rastgebietes beeinträchtigen oder zerstören können. Nach Art. 12 der FFH-Richtlinie dürfen Anhang IV-Arten in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet nicht absichtlich gestört werden, insbesondere nicht während der Brut-, Aufzucht-, Überwinterungs- oder Zugzeiten der Tiere. Voraussetzung ist, dass die ökologische Funktionalität eines Brut- oder Rastgebietes für Anhang IV-Arten mindestens im bisherigen Umfang erhalten bleibt und einzelne Individuen nicht geschädigt oder umgesiedelt werden. Unter ökologischer Funktionalität versteht man die Bedingungen, die ein Brut- und Rastgebiet einer Population einer Art bieten kann. Die ökologische Funktionalität trägt somit dazu bei, das Vorkommen der für die Art lebenswichtigen Brut- und Rastgebiete sicherzustellen. Die Anhang-IV-Arten, einschließlich Pflanzen, müssen zudem vor absichtlichem Fang, Umsiedlung und anderen Schäden geschützt werden.

Gemäß der dänischen Praxis der Beschwerdestelle, der dänischen Umweltschutzbehörde und der dänischen Habitatsrichtlinien kann ein breiteres Verständnis der Definition von Brut- und Rastgebieten und ihrer Bedeutung für die einzelnen Arten festgelegt werden – das Prinzip der ökologischen Funktionalität von Brut- und Rastgebieten und der günstigen Erhaltung der Arten. Bei der Bewertung der potenziellen Auswirkungen eines Plans oder Projekts auf die ökologische Funktionalität des Gebiets kann das Netzwerk der Standorte als ein einheitliches Gebiet betrachtet werden. Schäden an einem Lebensraum irgendwo im Netzwerk können somit abgewendet werden, indem die Qualität der Lebensräume an anderer Stelle im Netzwerk gefördert wird.

Ebenso dürfen Pflanzenarten, die unter Anhang IV der Richtlinie fallen, unabhängig von ihrem Lebensstadium nicht zerstört werden, vgl. § 10 Abs. 1 Nr. 2 der FFH-Verordnung. Alle Pflanzenarten stehen zudem unter Naturschutz und dürfen nicht gepflückt oder ausgerissen werden, vgl. § 10 Abs. 2 der Artenschutzverordnung. Sofern die Pflanzenarten in Natura-2000-Gebieten vorkommen, unterliegen sie aufgrund des Gebietsschutzes für den Lebensraum der Art einem zusätzlichen Schutz.

### 6.2.1.2 Methode

Bei dieser Bewertung wird davon ausgegangen, dass die ökologische Funktionalität eines Brut- oder Rastgebiets für eine Population oder eine Ansammlung von Teilpopulationen von Anhang-IV-Arten, die aus mehreren Standorten bestehen kann, mindestens auf dem gleichen Niveau wie zuvor erhalten bleibt und der Erhaltungszustand der Art nicht beeinträchtigt wird.

Das vorhandene Wissen über die natürlichen Bedingungen wurde dem dänischen Umweltportal [Danmarks Arealinformation] (Danmarks Miljøportal, 2021), arter.dk (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2025) und dem dänischen Artenportal [Naturbasen] (Lizenz E03/2014) (Naturbasen, 2022) entnommen. Darüber hinaus wurde Fachliteratur wie beispielsweise das „Håndbog om arter på habitatdirektivets bilag IV“ (*Handbuch über die Arten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie*) (Christian Kjær (Red.), 2023) und (Elmeros, Fjederholt, Møller,

Baagøe, & Bladt, 2024) sowie Daten aus NOVANA-Monitorings und SCANS (Gilles, et al., 2023) und SAMABAH (SAMBAH, 2016) (Elmeros, Fjederholt, Møller, Baagøe, & Bladt, 2024) herangezogen.

### 6.2.1.3 Aktuelle Bedingungen an Land

#### 6.2.1.3.1 An Land

An Land gibt es größere, zusammenhängende Naturgebiete, die unterschiedliche Lebensräume für Arten bilden, die im Anhang IV der FFH-Richtlinie aufgeführt sind. Überall in der Landschaft finden sich Brut- und Rastplätze für Anhang-IV-Arten der FFH-Richtlinie. Die meisten Arten sind an natürliche Gebiete (Frischwiesen, Salzwiesen, Heiden, Grasland, Moore, Seen und Bäche) und alte Bäume (Fledermäuse und Eremit) gebunden, einige wenige können jedoch auf landwirtschaftlichen Flächen (Kreuzkröte), in Häusern (Fledermausarten), in Verbindung mit trockenen Sandhängen (Zauneidechse) und in lichten offenen Wäldern und an Waldrändern (Wald-Wiesenvögelchen, Schwarzer Apollofalter, Haselmaus und Frauenschuh) ruhen und brüten, während Wölfe überall dort vorkommen können, wo die Nahrungsgrundlage (vor allem Hirsche und Rotwild) ausreichend ist. Tabel 6.1 enthält eine Übersicht aller terrestrischen Arten des Anhangs IV, die in Dänemark verbreitet sind.

Gruppe	Art	Arten, die im Planungsgebiet an Land vorkommen
Säugetiere	Fledermaus	<p>Die <b>Große Bartfledermaus</b> ist in Dänemark selten und kommt vereinzelt vor. Die meisten Exemplare wurden auf Bornholm beobachtet.</p> <p>Die <b>Teichfledermaus</b> ist im gesamten östlichen Zentrale Jütland und im Limfjordgebiet weit verbreitet. Darüber hinaus gibt es eine kleine Population im Guldborgsund und im Südosten Seelands.</p> <p>Die <b>Wasserfledermaus</b> und die <b>Breitflügelfledermaus</b> sind zwei der häufigsten Arten in Dänemark und können im gesamten Planungsgebiet vorkommen.</p> <p>Die <b>Fransenfledermaus</b>, das <b>Braune Langohr</b> und die <b>Zweifarbfledermaus</b> können im gesamten Planungsgebiet vorkommen.</p> <p>Die <b>Rauhautfledermaus</b> ist in den meisten Teilen der Prüfzone weit verbreitet, mit Ausnahme großer Teile Westjütlans und großer Teile Nordjütlans.</p> <p>Die <b>Mückenfledermaus</b>, der <b>Große Abendsegler</b> und die <b>Zwergfledermaus</b> sind im größten Teil des Planungsgebiets weit verbreitet, jedoch nicht in großen Teilen Westjütlans und Thy.</p> <p>Die <b>Nordfledermaus</b> lebt auf Bornholm, in Nordseeland, Himmerland und Vendsyssel.</p> <p>Die <b>Bechsteinfledermaus</b> und die <b>Kleine Bartfledermaus</b> sind auf Bornholm zu finden.</p> <p>Das <b>Große Mausohr</b> ist in Dänemark sehr selten. Die Art wurde einige Male in Südseeland, Lolland-Falster und in Jütland beobachtet.</p> <p>Der <b>Kleine Abendsegler</b> und die <b>Mopsfledermaus</b> kommen hauptsächlich auf Seeland und Lolland-Falster vor.</p>
	Haselmaus	<p>Die Haselmaus lebt in Laub- und Mischwäldern mit großem Artenreichtum. Die Haselmaus wurde in mehreren Waldgebieten auf Südfünen und in Wäldern in drei Gebieten auf Seeland bei Sorø-Slagelse, Hvalsø und Rønnede beobachtet. Lebensräume der Haselmaus zeichnen sich durch einen hohen Anteil verschiedener Laub- und/oder Nadelbäume aus.</p>

Gruppe	Art	Arten, die im Planungsgebiet an Land vorkommen
	<b>Birkenmaus</b>	Die Birkenmaus ist ein kleines Nagetier, das in nur zwei Gebieten in Dänemark beobachtet wurde: im westlichen Limfjordgebiet und im südlichen Teil Jütlands. Die Birkenmaus lebt in offenen, älteren Wäldern mit üppiger Bodenvegetation, in verbuschten Mooren, auf Wiesen und bestellten Feldern.
	<b>Otter</b>	Otter leben in der Nähe von stehenden und fließenden Gewässern, Salz- und Süßwasser. Der Otter ist in ganz Jütland, auf Fünen, auf Lolland-Falster und in großen Teilen Seelands weit verbreitet. Otter wurden an mehreren Stellen in ungestörten Flüssen, Seen, Mooren und Fjordgebieten beobachtet, wo die Vegetation gute Versteckmöglichkeiten bietet.
	<b>Biber</b>	Der Biber ist in Nordwestjütland begrenzt und kontinuierlich verbreitet, mit vereinzelten Vorkommen in Mittel- und Südjylland.
	<b>Wolf</b>	Seit 2012, als ein Wolf in Thy gesichtet wurde, gab es mehrere Sichtungen von Wölfen in ganz Jütland. Wissenschaftler gehen davon aus, dass es Ende 2021 in Dänemark zehn erwachsene Wölfe und einen Wurf mit vier Jungen gab (Naturhistorisk Museum Aarhus, 2022).
Reptilien	<b>Zauneidechse</b>	Die Zauneidechse ist in ganz Dänemark weit verbreitet, wo es geeignete Lebensräume gibt, wie Deiche, Grasland, Bahnhänge und Mineralgruben.
Amphibien	<b>Kammmolch</b>	Der Kammmolch ist im ganzen Land verbreitet, außer in Westjütland und Vendsyssel, wo nur wenige Tiere vorkommen. Der Kammmolch lebt einen Großteil des Jahres an Land, meist in Wäldern und Gärten. Im Frühjahr, im März/April, erwacht das Tier aus dem Winterschlaf und wandert zu Wassergräben, um sich zu paaren.
	<b>Rotbauchunke</b>	Die Rotbauchunke kommt heute nur noch auf Inseln im Südfürnischen Inselmeer, auf Ostfünen, auf einigen Inseln rund um Seeland und an einigen Orten auf Südseeland vor. Die Rotbauchunke ist häufig in Gebieten mit kalkhaltigem Lehm zu finden und lebt und brütet in folgenden Süßwasserlebensräumen: Stillgewässer mit Armleuchteralgen, Eutrophe Seen und andere Stillgewässer.
	<b>Knoblauchkröte</b>	In Dänemark ist die Knoblauchkröte in den meisten Teilen des Landes zu finden, mit Ausnahme von Samsø und Fünen. Die Knoblauchkröte brütet in einer großen Bandbreite von Wassergräben und Gewässern, von sehr kleinen Tümpeln bis hin zu Seen und Mooren mit einer Fläche von mehreren Hektar und von flachen, zeitweiligen Überschwemmungsgebieten und Teichen bis hin zu permanenten Wassergräben und Seen. Die Knoblauchkröte wurde beim Brüten in den Lebensraumtypen Feuchte Dünentäler, Stillgewässer mit Strandlings- oder Zwerghinsen-Gesellschaften und Eutrophe Seen beobachtet.
	<b>Laubfrosch</b>	Die Art kommt vorwiegend in Südostjütland, Als, Lolland, Südseeland und auf Bornholm vor. Der Laubfrosch lebt in einer abwechslungsreichen Landschaft mit Gärten, Hecken und Waldrändern und ist der einzige dänische Frosch, der auf Bäume klettert. Er kann sich bis zu einem Kilometer weit fortbewegen, um Stillgewässer für die Fortpflanzung zu erreichen.
	<b>Moorfrosch</b>	Der Moorfrosch kommt in fast ganz Dänemark vor. Die größten Populationen sind in West- und Nordjütland sowie in Nordseeland angesiedelt. Die Art brütet in vielen Arten von Stillgewässern, insbesondere aber in Tümpeln auf Wiesen, in Mooren und Dünenheiden. Darunter die Lebensraumtypen Feuchte Dünentäler, Stillgewässer mit Strandlings-Gesellschaften,

Gruppe	Art	Arten, die im Planungsgebiet an Land vorkommen
Wirbellose	<b>Springfrosch</b>	Stillgewässer mit Armleuchteralgen, Eutrophe See und Dystrophe Seen und Teiche.
	<b>Kreuzkröte</b>	Der Springfrosch ist auf den Inseln Fünen, dem Südfünnischen Inselmeer, Lolland-Falster-Møn, der südlichen Hälfte Seelands und auf Bornholm weit verbreitet. Außerdem bei Endelave im Kattegat. Der Springfrosch lebt vornehmlich in Laubwäldern, ist aber auch in offenen Landschaften zu beobachten. Zur Brut nutzt er in der Regel Mergelgruben und Wassergräben.
	<b>Wechselkröte</b>	Die Kreuzkröte kommt in Dänemark in der Dünenheide entlang der Westküste Jütlands, auf den Salzwiesen rund um den Limfjord, entlang der inneren dänischen Küsten, entlang der Fjorde und der Ostseeküste sowie in Felsenbecken entlang der Küste Bornholms vor.
	<b>Breitrand</b>	Die Wechselkröte kommt in Jütland nicht vor, ist aber auf den größeren und vielen kleineren Inseln zu finden. Die Art ist eine Pionierart und kommt heute in verschiedenen Stillgewässern mit spärlicher Vegetation vor, insbesondere in Küstennähe.
	<b>Schmalbindiger Breitflügel-Tauchkäfer</b>	Der Breitrand ist ein Schwimmkäfer, der in nährstoffarmen Seen und Teichen lebt. In Dänemark und auch in den meisten Teilen Europas ist sein Bestand deutlich zurückgegangen. Die Art ist in Dänemark sehr selten und kommt vermutlich nur an einem einzigen Standort in Nordjütland und einem einzigen Standort auf Bornholm vor.
	<b>Eremit</b>	Der Schmalbindige Breitflügel-Tauchkäfer wurde an mehreren Orten im östlichen Westjütland und weiter östlich in Dänemark gefunden. Neuere Studien deuten auf einen starken Rückgang des Bestands hin, da die Art seit 1990 nur noch auf Bornholm, Nordseeland und Ostjütland beobachtet wurde. Der Schmalbindige Breitflügel-Tauchkäfer lebt in Seen mit sauberem Wasser.
	<b>Quendel-Ameisenbläuling</b>	Der Eremit-Käfer ist sehr selten und kommt nur an 8 bis 10 Stellen in alten Laubwäldern auf Seeland und Lolland vor.
	<b>Grüne Mosaikjungfer</b>	Die Art kommt nur auf Møn vor, es ist jedoch möglich, dass es in Nordjütland oder Nordseeland noch übersehene Populationen gibt. Heute kommt sie nur noch auf dem artenreichen, nach Süden ausgerichteten Kalkmoor von Høvblege und den nahegelegenen Standorten Mandemarke bakker und Kongsbjerg vor, die in Verbindung mit dem Hauptstandort Høvblege im Südosten Møns liegen.
	<b>Große Moosjungfer</b>	Die Grüne Mosaikjungfer brütet in nährstoffreichen Seen und Gräben mit lebensfähigen Populationen der Krebsscherenpflanze. Der Bestand der Grünen Mosaikjungfer ist im letzten halben Jahrhundert stark gewachsen und wird voraussichtlich weiter zunehmen. Es gibt vereinzelte Vorkommen der Art in ganz Dänemark.
	<b>Grüne Flussjungfer</b>	Die Große Moosjungfer ist in Dänemark selten und kommt nur an einigen Seen und Teichen auf Seeland und Falster vor. Die Art kann auch in Mitteljütland vorkommen.
		Die Grüne Flussjungfer lebt in sauerstoffreichen Flüssen und Bächen mit mäßig bis schnell fließendem Wasser und sandigem oder kiesigem Boden. Die Grüne Flussjungfer kommt nur in wenigen großen Flusssystemen Jütlands vor, nämlich Skjern Å, Varde Å, Karup Å, Storå und Gudenåen. Hier kann sie lokal in recht großer Zahl vorkommen.

Gruppe	Art	Arten, die im Planungsgebiet an Land vorkommen
	<b>Nachtkerzenschwärmer</b>	Der Nachtkerzenschwärmer kommt in Dänemark vor allem im Südosten des Landes vor. Der Nachtkerzenschwärmer ist an trockene Biotope wie Ruderalflächen, sandige Brachen und sandige, unbewirtschaftete Flächen, Waldlichtungen und Waldränder gebunden, kommen aber auch in feuchteren Biotopen wie Staudenfluren an Bächen und Gräben sowie in lichten, offenen Bereichen auf feuchten, nährstoffreichen Lehmböden vor.
	<b>Gemeine Flussmuschel</b>	Die Gemeine Flussmuschel, auch Bachmuschel genannt, lebt in Dänemark in kalkhaltigen Bächen, deren Boden aus Kies/Sand besteht und deren Strömung mäßig ist. Darüber hinaus ist eine gute Wasserqualität in Form eines geringen Gehalts an leicht verstoffwechselbaren organischen Stoffen und feinem Sediment erforderlich. Die Art kommt nur in den Flusssystemen Odense Å und Stavis Å auf Fünen und im Suså-System auf Seeland vor.
Pflanzen	<b>Einfacher Rautenfarn</b>	Einfacher Rautenfarn ist sehr selten und bis 1950 wurden nur an sieben verschiedenen Orten in Dänemark mit Sicherheit einzelne Exemplare des Einfachen Rautenfarns gefunden. In Saltbæk Vig im Nordwesten Seelands wachsen einige hundert Pflanzen. Darüber hinaus gibt es auf Djursland eine kleine Population.
	<b>Schwimmendes Froschkraut</b>	Schwimmendes Froschkraut kommt nur in Westjütland rund um den Ringkøbing Fjord und den Nissum Fjord vor. Hier wächst es an 8 bis 10 Stellen.
	<b>Biegsames Nixkraut</b>	Das Biegsame Nixkraut kommt in Dänemark nur an zwei Orten vor. Und zwar im Fiilsø in Südwestjütland und im Nors Sø in Thy. Heute wächst es wahrscheinlich nur noch im Nors Sø. Es ist schwer zu finden, da es nur auf dem Grund von Seen wächst.
	<b>Frauenschuh</b>	Die Art kommt heute nur noch an zwei Orten vor, beide in Himmerland. Ein Standort ist der Buderupholm Wald, wo die Pflanzen zu ihrem Schutz eingezäunt sind.
	<b>Sumpf-Glanzkraut</b>	Das Sumpf-Glanzkraut kommt nur an wenigen Standorten in Ostjütland, auf Fünen und Seeland vor. Es werden jedoch Anstrengungen unternommen, um den Lebensraum der Pflanze zu vergrößern.
	<b>Moor-Steinbrech</b>	Moor-Steinbrech wächst in Dänemark in lichten Sümpfen und Sumpfmoo- ren. Die Art wurde nur in Jütland registriert.
	<b>Kriechender Sellerie</b>	Der Kriechende Sellerie kommt nur auf Fünen vor.

Tabelle 6.1: Terrestrische Anhang-IV-Arten in Dänemark und ihre Vorkommen, u. a. basierend auf dem „Håndbog om dyrearter på habitatdirektivets Bilag IV-arter“ (Handbuch über die Arten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie) (Elmeros, Fjederholt, Møller, Baagøe, & Bladt, 2024; Christian Kjær, et al., 2023).

#### 6.2.1.3.2 Auf See

Alle dänischen Walarten sind im Anhang IV der FFH-Richtlinie enthalten. In der Nordsee wurden viele Walarten registriert, aber nur wenige kommen regelmäßig in der Nordsee und im Skagerrak vor. Neben Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) werden vor allem im westlichen Teil der Nordsee häufig Weißschnauzendelfine (*Lagenorhynchus albirostris*) und Zwergwale (*Balaenoptera acutorostrata*) beobachtet. Darüber hinaus gibt es eine kleine Population von drei Großen Tümmlern (*Tursiops truncatus*), die seit fünf Jahren in der Nähe von Thyborøn leben. Andere Walarten wie Schwertwale (*Orcinus orca*) und Finnwale (*Balaenoptera Physalus*) kommen in der Nordsee nur sporadisch vor und werden daher nicht weiter behandelt. In den inneren dänischen Gewässern

(Kattegat, Beltsee und südwestlicher Teil der Ostsee) kommen nur Schweinswale regelmäßig vor. Der Ostseeschnäpel und der Europäische Stör sind die einzigen dänischen Fischarten, die in Anhang IV der FFH-Richtlinie aufgeführt sind.

### Schweinswal

Der Schweinswal ist ein kleiner Zahnwal, der im gesamten Nordatlantik, Nordpazifik und Schwarzen Meer verbreitet ist. In dänischen Gewässern werden Schweinswale in drei Populationen unterteilt: die der Ostsee, der Beltsee und der Nordsee (die drei Verwaltungsgebiete sind in Figur 6.2 abgebildet).

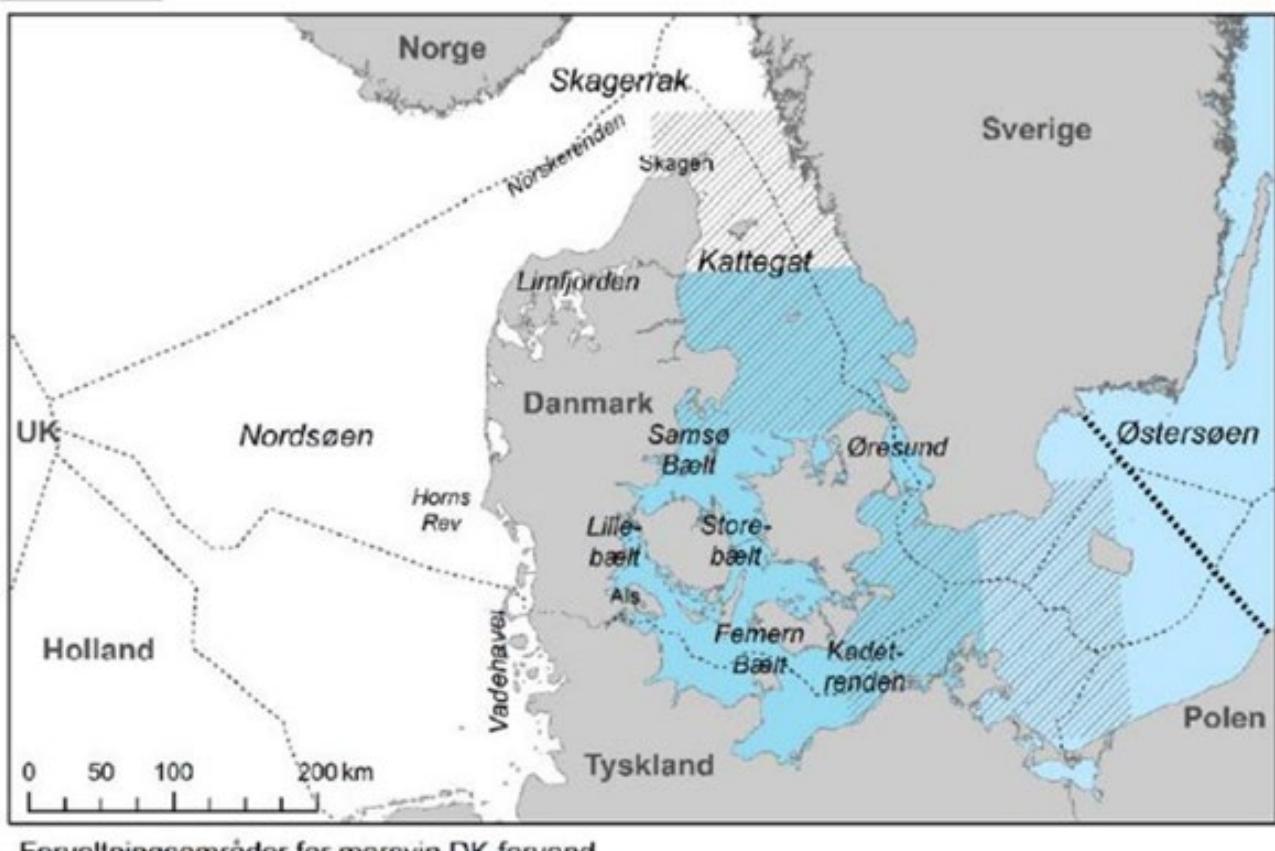


Abb. 6.2: Verwaltungsgebiete der drei Schweinswalpopulationen in dänischen Gewässern (Sveegaard, Nabe-Nielsen, & Teilmann, 2018).

Die Nordseepopulation der Schweinswale wurde bei der SCANS-Zählung im Jahr 2022 auf 339.000 Tiere geschätzt (Gilles, et al., 2023). Der Bestand in der Nordsee wird als stabil eingeschätzt (Hansen, Lønborg, & Høglund, 2024) und der Erhaltungszustand ist günstig. Die Art wird auf der dänischen Roten Liste als „lebensfähig“ (*livskraftig/LC*) eingestuft (Fredshavn, et al., 2019; Moeslund, et al., 2023).

Die Beltseepopulation der Schweinswale wurde im Rahmen der SCANS-Zählung sechsmal gezählt und die absolute Populationsgröße geschätzt. Im Jahr 2022 wurde SCANS IV durchgeführt. Basierend auf dieser Zählung wurde die Population auf lediglich 14.403 Schweinswale geschätzt. Ausgehend von der Zahl der Schweinswale,

die bei den jüngsten Zählungen beobachtet wurden, ist ein abnehmender Trend bei der Populationsgröße erkennbar (Gilles, et al., 2023). Die Population wird von der IUCN weiterhin als „nicht gefährdet“ eingestuft (IUCN, 2020). Aufgrund der abnehmenden Bestandsgröße geht HELCOM jedoch davon aus, dass die Population keinen guten Umweltzustand erreicht (HELCOM, 2023).

Früher waren Schweinswale in der gesamten Ostsee weit verbreitet, doch in den letzten 50 Jahren ist die Population in der Ostsee drastisch zurückgegangen. In den Jahren 2011 bis 2013 wurde das internationale SAMBAH-Projekt durchgeführt, um die Populationsgröße und das Vorkommen der Ostseepopulation mittels passivem akustischen Monitoring zu untersuchen (SAMBAH, 2016). Basierend auf diesen Daten wird die Population in der Ostsee zuletzt auf etwa 500 Individuen geschätzt (95 % Konfidenzintervall 80 bis 1100 Schweinswale), was sie zur kleinsten Schweinswalpopulation der Welt macht (ASCOBANS, 2016; Amundin, et al., 2022). Die IUCN hat die Population als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft, ebenso wie die HELCOM die Population der Ostsee-Schweinswale als in keinem guten ökologischen Zustand befindlich einstuft (HELCOM, 2023).

Im Allgemeinen werden die Verbreitung und Dichte der Schweinswale in einem bestimmten Gebiet in erster Linie durch die Verfügbarkeit von Nahrung bestimmt (Sveegaard, et al., 2012) und Schweinswale sind ungleichmäßig verteilt und versammeln sich in Kerngebieten. Allerdings ist auch die Dichte in den Kerngebieten variabel und kann von jährlichen Temperaturunterschieden, Meeresströmungen und dem Zeitpunkt der Beutetierwanderung abhängen (Hansen, Lønborg, & Høgslund, 2024).

Gebiete mit hoher Bedeutung für Schweinswale der Beltsee- und Ostseepopulationen sind, basierend auf der jüngsten Bewertung wichtiger Gebiete für diese beiden Schweinswalpopulationen, in (Sveegaard, et al., 2022) abgebildet.

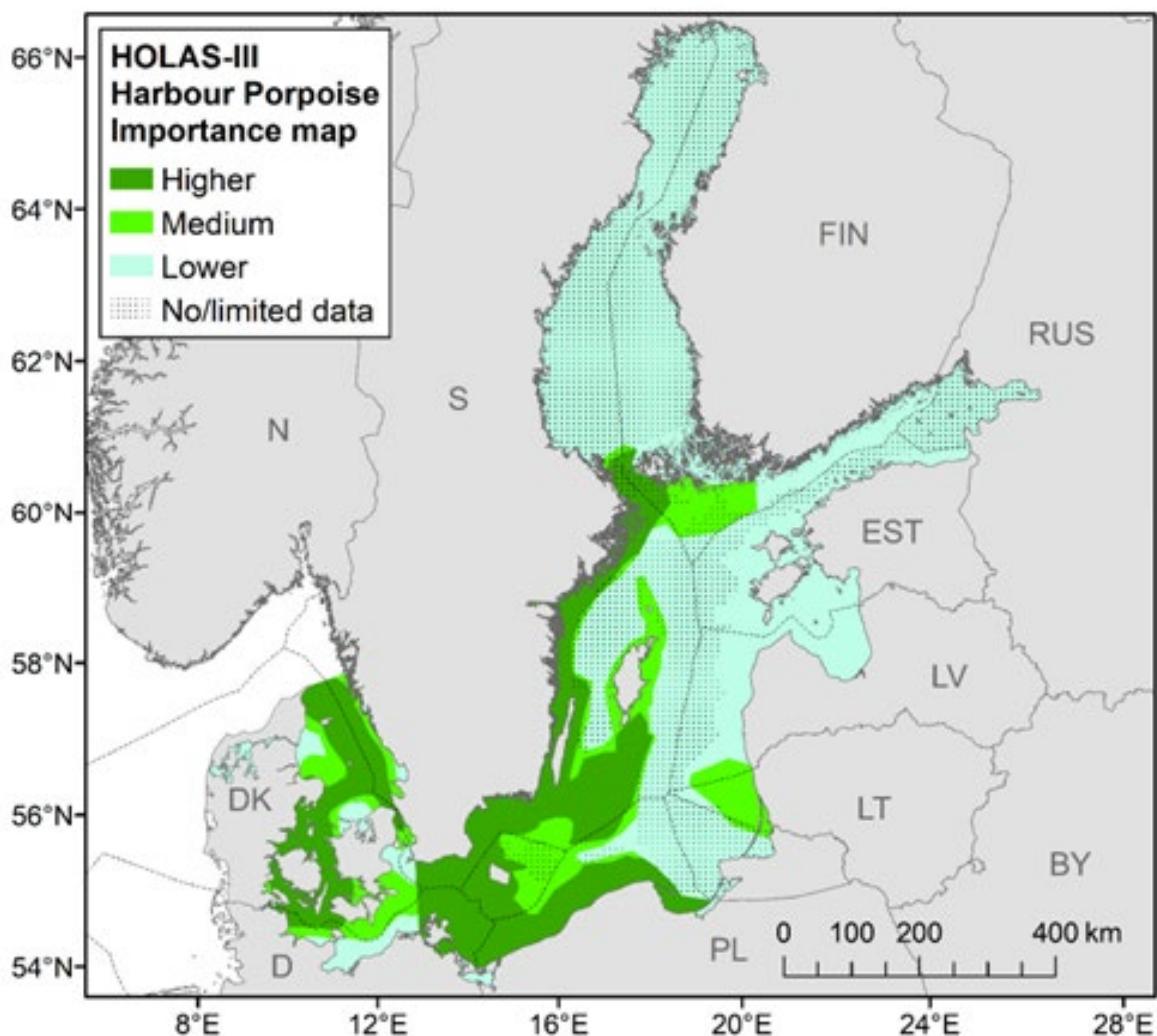


Abb. 6.3: Übersicht über wichtige Gebiete für Schweinswale (HOLAS-III). Die Karte zeigt sowohl die Schweinswalpopulationen der Beltsee als auch der Ostsee. Die Grenze zwischen den beiden Populationen liegt bei 13,0° Ost (Sveegaard, et al., 2022).

Es wurde keine Karte über Gebiete mit hoher Bedeutung für Schweinswale in der Nordsee erstellt.

Schweinswale paaren sich im Spätsommer (Juli bis September) und die Weibchen sind 10 bis 11 Monate lang trächtig. Die Kalbung findet im Zeitraum April bis August statt und erreicht im Juni und Juli ihren Höhepunkt. Anschließend werden die Jungen 10 bis 11 Monate lang bei ihrer Mutter gesäugt. Es sind keine spezifischen Aufzuchtgebiete für Schweinswale in inneren dänischen Gewässern oder im dänischen Teil der Nordsee bekannt. Die meisten Schweinswale mit Kälbern wurden jedoch in der Beltsee und entlang der Westküste Jütlands beobachtet (NOVANA, 2021). Studien zeigen, dass sich Ostseeschweinswale im Sommer während der Fortpflanzungszeit an den flachen Ufern des Midsjö-Sees südlich von Öland und Gotland in schwedischen Gewässern versammeln (SAMBAH, 2016).

#### Weißschnauzendelfin

Weißnasenschnauzendelfine sind in der Nordsee weit verbreitet (Hammond et al., 2021). Sie leben in gemäßigten und subarktischen Regionen des Nordatlantiks. Die Verbreitung erstreckt sich vom Weißen Meer und Südgeorgien im Norden bis zu den Gewässern um Portugal und Massachusetts im Süden (Hammond, et al., 2013).

Weißnasenschnauzendorffine in der Nordsee und westlich der Britischen Inseln gelten als eine gemeinsame Population (Galatius & Kinze, *Lagenorhynchus albirostris* (Cetacea: Delphinidae). , 2016). Die Population der Weißnasenschnauzendorffine in der Nordsee besteht etwa aus 20.000 Tieren (Gilles, et al., 2023).

Weißnasenschnauzendorffine werden im Sommer geboren und auch die Paarung findet im Sommer statt, obwohl sich die Weibchen wahrscheinlich nicht jedes Jahr paaren (Galatius, Jansen, & Kinze, 2013). Weißnasenschnauzendorffine werden von der IUCN auf der weltweiten Roten Liste als „Least Concern“ eingestuft (Kiszka & Braulik, 2018) und als „lebensfähig“ (*livskraftig*) auf der dänischen Roten Liste (Moeslund, et al., 2023).

#### Zwergwal

Zwergwale kommen hauptsächlich in gemäßigten bis arktischen Zonen der Ozeane vor (Perrin, Mallette, & Brownell, 2018). Zwergwale leben auf offener See und sind im dänischen Teil der Nordsee häufig anzutreffen (Hammond et al., 2021). Zwergwale in der Nordsee sind wahrscheinlich Teil einer größeren Population im Nordostatlantik, wobei die Populationsdichte der Zwergwale in der Nordsee bei etwa 10.000 Individuen liegt (Gilles, et al., 2023). Von März bis September werden Zwergwale häufig von dänischen Ölplattformen in der westlichen Nordsee aus beobachtet (Delefosse, Rahbek, Roesen, & Clausen, 2017). Zwergwale werden von der IUCN auf der weltweiten Roten Liste als „Least Concern“ eingestuft (Cooke, 2018) und als „lebensfähig“ (*livskraftig*) auf der dänischen Roten Liste (Moeslund, et al., 2023).

#### Ostseeschnäpel

Der Ostseeschnäpel (*Coregonus maraena*) ist ein Lachsfisch, der in Bächen von Varde Å bis Vidå lebt. Im Meer kommt der Ostseeschnäpel vor allem in Küstengewässern vor, in Dänemark ist er im Wattenmeer an den südlichen Teilen der dänischen Westküste und in den großen Flüssen zu finden (Carl, Berg, & Møller, 2019). Der Ostseeschnäpel steht unter Naturschutz und ist eine prioritäre Art der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie. Der Ostseeschnäpel wächst im Wattenmeer auf, wandert zum Laichen die Flüsse hinauf und kehrt nach dem Laichen, typischerweise im Frühjahr, ins Meer zurück. Sie sind daher unbedingt auf eine barrierefreie Gestaltung der Gewässer angewiesen, um den Zugang zu und von den Laichgebieten ungehindert zu ermöglichen. Selbst kleinste Hindernisse sind für den Ostseeschnäpel unpassierbar. Der Bestand der Ostseeschnäpel wurde früher durch Zucht und spätere Freilassungen aufrechterhalten. Der Bestand der Ostseeschnäpel wurde früher durch Zucht und spätere Freilassungen aufrechterhalten. Im Zeitraum 2005 bis 2013 wurde ein LIFE-Projekt speziell mit dem Ziel durchgeführt, gute Laich- und Wandermöglichkeiten für die Ostseeschnäpel in Varde Å, Sneum Å, Ribe Å und Vidå zu gewährleisten. Der Gesamtbestand der Ostseeschnäpel ist noch sehr gering, weshalb ihr Erhaltungszustand als sehr ungünstig eingeschätzt wird (Fredshavn, et al., 2019).

#### Europäischer Stör

Der Europäische Stör ist in erster Linie eine küstennahe Art. Der bevorzugte Lebensraum des Europäischen Störs, wenn sich die Art im Meer aufhält, sind Weichbodenregionen in Tiefen von weniger als 50 m, wo er sich von benthischen Organismen ernährt (Møller & Carl, 2019). Die Art ist sehr robust und verträgt große Temperatur- und Salzgehaltsschwankungen. Darüber hinaus verträgt die Art längere Aufenthalte über Wasser und in sauerstoffarmem Wasser (Møller & Carl, 2019). Die Art war wahrscheinlich in ganz Dänemark nie zahlreich, aber die im Laufe der Zeit verzeichneten Fänge verteilen sich auf die meisten dänischen Gewässer, wobei die Küstenabschnitte der Nordsee und des Skagerraks überwiegen (Møller & Carl, 2019). Im Jahr 2007 begann in der deutschen Elbe und ihren Nebenflüssen eine Wiederansiedlungskampagne mit Europäischen Stören. Seitdem tauchen in dänischen Meeresgebieten immer mehr Streuner auf und die Markierung zeigt, dass mehrere der registrierten Exemplare aus der Elbe stammen. Eine erhöhte Zahl von Registrierungen in der Nordsee ist daher vermutlich eine Folge davon. Wie der Ostseeschnäpel laicht auch der Europäische Stör in Flüssen und

Wasserläufen. Es gibt jedoch keine Hinweise darauf, dass die Art jemals in dänischen Bächen gelaicht hat, wo sie lediglich als zufällige „Streuner“ beobachtet wurden (Møller & Carl, 2019).

#### 6.2.1.4 Bewertung von Umweltauswirkungen

##### 6.2.1.4.1 An Land

Bei den in Anhang IV aufgeführten Tierarten ist, wie oben erwähnt, das Fangen, Töten oder absichtliche Stören (insbesondere bei der Fortpflanzung, der Aufzucht ihrer Jungen oder auf der Wanderung) sowie die Beschädigung oder Zerstörung ihrer Fortpflanzungs- oder Rastgebiete verboten. Der Schutz der Arten des Anhangs IV gilt im Regelfall als eingehalten, wenn die ökologische Funktionalität eines Aufzucht- oder Rastgebiets für Arten des Anhangs IV mindestens auf dem gleichen Niveau wie zuvor erhalten bleibt (Miljøstyrelsen, 2020). Pflanzen des Anhangs IV dürfen unabhängig von ihrem Lebensstadium nicht zerstört, gepflückt oder ausgerissen werden.

Die konkreten Aktivitäten, einschließlich ihres Standortes, ihrer Ausgestaltung und ihrer Art, sind nicht bekannt und können derzeit nicht bewertet werden, vgl. die Methodenbeschreibung im Abschnitt 3.5. Sie werden im Rahmen der Bewertung der konkreten Projekte bewertet und bearbeitet. Die Bewertung der Anhang-IV-Arten gemäß der Durchführungsverordnung wird daher die durch die Verordnung ermöglichten Aktivitäten auf einer Ebene umfassen, die dem Detaillierungsgrad der Verordnung entspricht. Zu den potenziellen Auswirkungen auf die Anhang-IV-Arten zählen Auswirkungen durch die Errichtung technischer Anlagen, austretendes CO<sub>2</sub> und den Rückbau der Anlagen nach deren Nutzung. Technische Anlagen, darunter Bohr-, Injektions- und Zwischenlageranlagen, können die Anhang-IV-Arten durch die direkte Landnutzung beeinträchtigen, wenn sie sich in Brut- und Rastgebieten von Anhang-IV-Arten befinden. Eine Leckage von CO<sub>2</sub> durch langsames Austreten aus der Injektionsstelle kann sich auf besonders kalkhaltige Böden (Kalkmoore, kalkreiche Niedermoore und Seen) und somit die Anhang-IV-Arten auswirken, die mit diesem Lebensraumtyp in Verbindung stehen.

##### Technische Anlagen in der Nähe oder innerhalb von Brut- und Rastgebieten für Anhang-IV-Arten

Da die Durchführungsverordnung die Umsetzung von CCS-Projekten in ganz Dänemark ermöglicht, besteht die Möglichkeit, Anlagen in der Nähe von oder innerhalb von Brut- und Rastgebieten für Arten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie zu errichten. Werden technische Anlagen in der Nähe von oder innerhalb von Brut- und Rastgebieten errichtet, kann dies die ökologische Funktionalität beeinträchtigen und somit möglicherweise Brut- und Rastgebiete schädigen oder zu einer absichtlichen Störung von Anhang-IV-Arten führen. Die Erheblichkeit der Auswirkungen hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt. Ob die ökologische Funktionalität des Gebiets als Aufzucht- und Rastgebiet dadurch beeinträchtigt wird, lässt sich auf der derzeitigen übergeordneten Ebene nicht abschließend beurteilen, sondern muss von den konkreten Entscheidungen im Zusammenhang mit der Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten konkreten Projekte abhängig gemacht werden.

##### CO<sub>2</sub>-Freisetzung

Eine Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus der Injektionsstelle kann sich auf Lebensräume auswirken, die auf kalkhaltigen Böden angewiesen sind: kalkhaltige Graslandschaften, kalkreiche Niedermoore, Seen und Quellen sowie kalkhaltige (harte) Gewässer. Diese Lebensräume sind Lebensraum für eine Reihe gefährdeter Arten, darunter auch Arten des Anhangs IV wie die Rotbauchunke und der Quendel-Ameisenbläuling. Wenn der Lebensraum durch saurere Bedingungen beeinträchtigt wird, kann dies die Lebensbedingungen der Anhang-IV-Arten verschlechtern. Nach Einschätzung von GEUS ist es sehr unwahrscheinlich, dass CO<sub>2</sub> durch ein Barrieregestein austreten kann, wie in Abschnitt 6.5.1 beschrieben. Das größte Leckagerisiko wird daher im Bereich der Bohrungen

eingeschätzt, die durch das Barrieregestein verlaufen. Somit gibt es einen klar definierten Punkt, an dem eine kontinuierliche Überwachung erforderlich ist. Darüber hinaus können mit bekannten Methoden verschiedene Maßnahmen ergriffen werden, um ein Austreten zu stoppen, wenn dieses entlang des Bohrlochs festgestellt wird. Das Risiko von Leckagen wird bei der späteren Fallbearbeitung einen Schwerpunkt ausmachen, wie in Abschnitt 6.5.1 beschrieben.

Eine Leckage entlang des Bohrgestänges wird anhand der Überwachungsanforderungen beurteilt. Die Erheblichkeit der Auswirkungen hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt. Ob hierdurch die ökologische Funktionalität des Gebietes als Aufzucht- und Rastgebiet beeinträchtigt wird, lässt sich auf der derzeitigen übergeordneten Ebene noch nicht abschließend beurteilen, sondern muss von den konkreten Entscheidungen im Zusammenhang mit den konkreten Projektanträgen abhängig gemacht werden.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung von durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten an Land gefunden werden können, bei denen der Schutz der Anhang-IV-Arten gewahrt werden kann, sodass die ökologische Funktionalität des Gebiets als Brut- und Rastgebiet für Anhang-IV-Arten nicht beeinträchtigt wird oder die Anhang-IV-Arten bei der Brut, der Aufzucht oder ihrer Migration nicht absichtlich gestört werden. Eine genauere Beurteilung ist jedoch erst nach Vorliegen des konkreten Projektvorschlags bzw. der konkreten Projektvorschläge möglich.

#### Stilllegung der Anlagen

Der Rückbau der Anlagen und die Stilllegung des Injektionsrohrs könnten im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten möglicherweise Auswirkungen auf die Anhang-IV-Arten im Umfeld der bestehenden Anlagen haben. Allerdings kann nach dem Rückbau technischer Anlagen die terrestrische Natur relativ schnell wieder in den Zustand vor der Stilllegung zurückversetzt werden. Anhang-IV-Arten werden vorübergehend aus dem unmittelbaren Bereich vertrieben, in dem die Stilllegungsarbeiten stattfinden. Es wird davon ausgegangen, dass die Stilllegung weder die ökologische Funktionalität des Gebiets als Aufzuchtgebiet für terrestrische Anhang-IV-Arten beeinträchtigt noch die Arten bei der Brut, der Aufzucht ihrer Jungen oder ihrer Wanderung absichtlich stört.

#### 6.2.1.4.2 Auf See

Die konkreten Aktivitäten, einschließlich ihres Standortes, ihrer Ausgestaltung und ihrer Art, sind nicht bekannt und können derzeit nicht bewertet werden, vgl. die Methodenbeschreibung im Abschnitt 3.7. Sie werden im Rahmen der Bewertung der konkreten Projekte bewertet und bearbeitet. Die Bewertung der Anhang-IV-Arten gemäß der Durchführungsverordnung wird daher die durch die Verordnung ermöglichten Aktivitäten auf einer Ebene umfassen, die dem Detaillierungsgrad der Verordnung entspricht.

Im Rahmen der Bautätigkeiten zur Installation von festen Injektionsanlagen auf dem Meeresboden wird der Meeresboden akustisch kartiert (seismische Untersuchungen). Zur unterirdischen Speicherung von CO<sub>2</sub> wird auf dem Meeresboden ein Bohrlochkopf errichtet, in den entweder über eine fest installierte Injektionsplattform oder ein fest verankertes Schiff oder eine Kombination davon CO<sub>2</sub> gepumpt werden kann. Der Transport des CO<sub>2</sub> wird voraussichtlich per Schiff erfolgen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Aktivitäten möglicherweise ein Risiko für die Beeinträchtigung von Anhang-IV-Arten in Form von Sedimenteintrag durch Bauarbeiten, Unterwasserlärm durch seismische Untersuchungen und Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung im Zusammenhang mit technischen Anlagen auf dem

Meeresboden sowie erhöhtem Schiffsverkehr bergen könnten. Während der Betriebsphase werden die Hauptauswirkungen in potenziellen CO<sub>2</sub>-Emissionen der technischen Installationen auf dem Meeresboden und der Meeresoberfläche, einem erhöhten Schiffsverkehr und dem Verlust von Lebensraum bestehen. Der Verlust an Lebensraum wird äußerst begrenzt sein und nur das Gebiet betreffen, in dem der Injektionsbrunnen installiert wird. Der Verlust des Lebensraums wird daher nur geringfügige Auswirkungen auf Anhang-IV-Arten haben und wird daher nicht weiter behandelt.

Unterwasserlärm im Zusammenhang mit der Durchführungsverordnung kann sich als Impulslärm aus der seismischen Kartierung des Meeresbodens, aus Bautätigkeiten wie dem Rammen der Brunnenverrohrung und als Dauerlärm aus möglichen Bautätigkeiten, einschließlich erhöhtem Schiffsverkehr, äußern. Die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten bergen möglicherweise das Risiko, Meeressäugetiere wie Wale und Fische zu beeinträchtigen. Intensiver, ungedämpfter Unterwasserlärm kann zu Hörschäden in Form einer temporären Hörminderung (TTS) oder eines permanenten Hörschadens (AUD INJ) sowie zu Verhaltensänderungen bei Walen und Fischen führen. Tabel 6.2 zeigt die neuesten Grenzwerte für AUD INJ und TTS für Wale sowie das Verhalten für Schweinswale.

*Tabelle 6.2: Grenzwerte für eine temporäre Hörminderung (TTS) und einen permanenten Hörschaden (AUD INJ) (National Marine Fisheries Service, 2024) sowie Auswirkungen auf das Verhalten von Walen (Tougaard, 2021), wobei „w“ die artspezifische Gewichtung des Kriteriums angibt. Für Verhaltensschwellen existieren Kriterien nur für impulshaltige Lärmquellen, sie werden jedoch auch als konservative Werte für nicht impulshaltige Schallquellen verwendet, wenn für diese keine entsprechenden Schwellenwerte vorliegen.*

Art	AUD INJ-Grenzwert (L <sub>E,cum,24h,w</sub> , dB re 1 μPa <sup>2</sup> s)		TTS-Grenzwert (L <sub>E,cum,24h,w</sub> , dB re 1 μPa <sup>2</sup> s)		Verhaltensschwelle (L <sub>p,125ms,w</sub> dB re 1 μPa)
	Nicht-impulshaltiger Lärm	Impulsiver Lärm	Nicht-impulshaltiger Lärm	Impulsiver Lärm	Impulsiver Lärm
<b>Schweinswal</b>	181 dB	159 dB	161 dB	144 dB	103 dB
<b>Weiß-schnauzendelfin</b>	201 dB	193 dB	181 dB	178 dB	-
<b>Zwergwal</b>	197 dB	183 dB	177 dB	168 dB	-

Tabel 6.3 zeigt die bei Fischen geltenden Grenzwerte für Hörschäden und temporäre Hörminderung (TTS).

*Tabelle 6.3: Grenzwerte für Hörschäden und vorübergehenden Hörverlust bei Fischen. Die Berechnung des Gefahrenbereichs basiert auf der Annahme, dass die Fische nicht von der Schallquelle wegschwimmen, was in vielen Fällen eine konservative Annahme ist (Andersson, Carlsson, Thörn, & Östberg, 2025).*

Art	Grenzwert für Schäden (L <sub>E,cum,24h</sub> dB re 1 μPa <sup>2</sup> s)	TTS-Grenzwert (L <sub>E,cum,24h</sub> dB re 1 μPa <sup>2</sup> s)
Stationärer Fisch		203

Larven und Eier	207	-
-----------------	-----	---

Die Gefahrenbereiche für AUD INJ und TTS werden als kumulative akustische Energie (Schallexpositionspegel, sound exposure level) über die gesamte Exposition des Tieres berechnet, jedoch auf maximal 24 Stunden begrenzt. In der Praxis bedeutet dies, dass der Schallexpositionspegel berechnet werden muss, dem ein Tier ausgesetzt ist, wenn sich die Schallquelle (d. h. das Vermessungsschiff mit Ausrüstung) am Tier vorbeibewegt. Bei Meeressäugern wird der Pegel aus frequenzgewichteten Schalldrücken berechnet, wobei berücksichtigt wird, dass die verschiedenen Arten nicht über das gesamte Frequenzspektrum hinweg gleich gut hören (Anhang 1). Für Fische wird der Schallexpositionspegel ohne Frequenzgewichtung berechnet, daher gilt der berechnete Pegel für Fische als konservativ.

Bei Meeressäugetieren werden die Grenzwerte für AUD INJ und TTS in nicht-impulshaltige und impulshaltige Grenzwerte unterteilt, während es für Fische und für Verhaltenseffekte bei Meeressäugetieren nur impulshaltige Grenzwerte gibt. Impulsive Lärmquellen haben eine kurze Dauer, einen hohen Schalldruck, eine schnelle Anstiegszeit und verfügen über akustische Energie über ein breites Frequenzspektrum. Beispiele für Impulsquellen sind Sprengstoffe, Airguns (für seismische Untersuchungen) und das Rammen von Pfählen oder Brunnenverrohrungen. Nicht-impulshaltige Lärmquellen hingegen können einige (aber nicht alle) der Eigenschaften aufweisen, die auf impulshaltige Quellen zutreffen. Beispiele für nicht-impulshaltige Quellen sind Schiffslärm, Sonargeräte und Bohrungen. Nicht-impulshaltiger Lärm ist im Vergleich zu impulshaltigem Lärm weniger schädlich für das Gehör, was sich auch an den höheren Grenzwerten für nicht-impulshaltigen Lärm zeigt, die Ausdruck einer höheren Toleranz sind. Bei Fischen werden impulshaltige Kriterien unabhängig von den Eigenschaften der Quelle verwendet, da es keine nicht-impulshaltigen Kriterien gibt.

#### 6.2.1.4.2.1 Wale

Da Schweinswale, Zwergwale und Belugas auf Anhang IV der FFH-Richtlinie stehen, muss sichergestellt werden, dass es zu keiner Tötung oder absichtlichen Störung der Arten in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet kommt und dass Aufzucht- und Rastgebiete nicht beeinträchtigt werden, sodass die ökologische Funktionalität der Gebiete für die Arten nicht geschwächt wird. Daher stellt Art. 12 Abs. 1 (d) der FFH-Richtlinie sicher, dass solche Gebiete nicht durch menschliche Aktivitäten beschädigt oder zerstört werden.

#### Technische Anlage

Die Umweltauswirkungen durch den Schiffsverkehr im Zusammenhang mit Bautätigkeiten und -vorgängen sowie durch Unterwasserlärm durch Bohrungen werden begrenzt sein, da Bohrlärm und Schiffslärm nicht-impulshaltige Lärmquellen sind und nicht so schädlich wie impulshaltige Lärmquellen sind. Sie werden in erster Linie zur Vertreibung von Walen in der Nähe des Baugebiets/der Lärmquelle führen. Ebenso werden Sedimenteneintritt, Lebensraumveränderungen und CO<sub>2</sub>-Freisetzung lokal begrenzt sein und während der Bauzeit nur begrenzte Auswirkungen haben. Es wird daher nicht davon ausgegangen, dass diese Auswirkungen die ökologische Funktionalität des Gebiets als Aufzuchtgebiet für Wale beeinträchtigen oder die Wale bei der Fortpflanzung, der Aufzucht ihrer Jungen oder ihrer Wanderung absichtlich stören könnten.

Seismische, geotechnische und geophysikalische Untersuchungen sowie Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung erzeugen impulsartigen Unterwasserlärm, der sich, wenn er nicht gedämpft wird, negativ auf Meeressäugetiere auswirken und zu AUD INJ, TTS und Verhaltensänderungen führen kann.

Wie bereits erwähnt, kann ein Hörverlust vorübergehend oder dauerhaft sein. Ein vorübergehender Hörverlust verschwindet nach einiger Zeit, die Dauer hängt jedoch von der Schwere der Beeinträchtigung ab. Ein geringer

TTS-Grad verschwindet innerhalb weniger Minuten, während ein höherer TTS-Grad bedeutet, dass es Stunden oder Tage dauert, bis sich das Hörvermögen wieder normalisiert. Bei sehr hoher Unterwasserlärmbelastung kann es zu einer dauerhaften Erhöhung der Hörschwelle kommen, wobei das Gehör nicht wieder die gleiche Empfindlichkeit erreicht wie vor der Belastung. Dies bedeutet, dass es zu einer dauerhaften Veränderung des Gehörs des Tieres gekommen ist (AUD INJ). TTS tritt im Allgemeinen bei den Frequenzen auf, in denen die Energie von Unterwasserlärm liegt. Dies bedeutet, dass durch niederfrequenten Lärm verursachtes TTS typischerweise nur die Hörfähigkeit bei niedrigen Frequenzen beeinträchtigt (Kastelein, Gransier, Hoek, & Rambags, 2013). Dies kann einen großen Einfluss auf die Wirkung von TTS haben.

Unterwasserlärm kann das Verhalten von Walen stören. Die Verhaltensänderung kann entweder in Form einer Vertreibung aus einem größeren oder kleineren Bereich um die Lärmquelle herum erfolgen, was einen vorübergehenden Verlust des Lebensraums zur Folge hat (es wird davon ausgegangen, dass die Tiere in das Gebiet zurückkehren, wenn die Lärmquelle verschwunden ist) oder in Form einer Verhaltensänderung, z. B. der Einstellung der Nahrungssuche oder der Ruhepausen (Bas, Christiansen, Ozturk, Ozturk, & McIntosh, 2017). In beiden Fällen kommt es zu einer negativen Auswirkung auf die Energiebilanz der Tiere, da sie für die Flucht mehr Energie verbrauchen und weniger Zeit für die Nahrungssuche haben. Ein einzelnes, geringfügiges Belastungereignis hat wahrscheinlich keine messbaren Auswirkungen auf das einzelne Tier, doch bei wiederholten Störungen kumuliert sich der Effekt und ab einem bestimmten Ausmaß kann die Belastung ausreichen, um das Überleben und/oder die Fortpflanzung des Tieres negativ zu beeinflussen (Gallagher, 2021). Wenn dies bei einer größeren Anzahl von Individuen gleichzeitig geschieht, kann der Gesamteffekt negative Auswirkungen auf die Population haben (geringere Tragfähigkeit und geringere Wachstumsrate) (Tougaard, 2021).

Die Auswirkungen des zunehmenden Schiffsverkehrs und der Bohrlochbohrungen werden voraussichtlich lokale und begrenzte Auswirkungen auf die Wale haben. Die seismischen und geophysikalischen Untersuchungen können möglicherweise über eine größere Entfernung zu AUD INJ-, TTS- und Verhaltensänderungen führen. Daher wird erwartet, dass im Zusammenhang mit den spezifischen durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bedingungen für einen „Soft-Start“/„Ramp-up“ sowie möglicherweise Bedingungen für die Lärmdämpfung bei Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung festgelegt werden, falls dies erforderlich ist, und zwar im Einklang mit der bestehenden Praxis. Dadurch werden die Auswirkungen auf die Wale erheblich verringert. Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte in allen dänischen Gewässern. Wenn ein konkretes Projekt in einem Gebiet umgesetzt wird, das für eine Walart wichtig ist, beispielsweise ein wichtiges Gebiet während der Fortpflanzungszeit, können negative Auswirkungen auf Anhang-IV-Arten nicht ausgeschlossen werden, insbesondere wenn es sich um gefährdete Arten/Populationen handelt. Das Ausmaß der Auswirkungen hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen sowie vom Zeitpunkt der Baumaßnahmen im Jahr ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt. Ob die ökologische Funktionalität des Gebiets als Aufzucht- und Rastgebiet für Wale dadurch beeinträchtigt wird, lässt sich auf der derzeitigen übergeordneten Ebene nicht abschließend beurteilen, sondern muss von den konkreten Entscheidungen im Zusammenhang mit der Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten konkreten Projekte abhängig gemacht werden. Es wird jedoch erwartet, dass Lösungen für die Umsetzung von konkreten durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten auf See gefunden werden können, bei denen der Schutz der Anhang-IV-Arten gewahrt werden kann, sodass die ökologische Funktionalität des Gebiets als Brut- und Rastgebiet für Anhang-IV-Arten nicht beeinträchtigt wird oder die Anhang-IV-Arten bei der Brut, der Aufzucht oder ihrer Migration nicht absichtlich gestört werden. Eine genauere Beurteilung ist nach Vorliegen der konkreten Projektvorschläge möglich.

### Stilllegung der Anlagen

Der Rückbau der Anlagen und die Außerbetriebnahme des Injektionsrohrs könnten möglicherweise Auswirkungen durch Unterwasserlärm mit sich bringen, der im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten zu einer Vertreibung der Wale im Umfeld der bestehenden Anlagen führen könnte. Die Vertreibung erfolgt ausschließlich während der Rückbauphase der bestehenden Anlagen. Anhang-IV-Arten werden vorübergehend aus dem unmittelbaren Bereich vertrieben, in dem die Stilllegungsarbeiten stattfinden. Es wird davon ausgegangen, dass die Entwicklung weder die ökologische Funktionalität des Gebiets als Aufzuchtgebiet für Wale beeinträchtigt noch die Wale bei der Fortpflanzung, der Aufzucht ihrer Jungen oder ihrer Wanderung absichtlich stört.

#### Gesamtbewertung für Wale

Man geht davon aus, dass für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte Lösungen gefunden werden können, bei denen der Walschutz gemäß Anhang IV gewahrt bleibt.

#### 6.2.1.4.2.2 Fische

Da der Ostseeschnäpel und der Europäische Stör im Anhang IV der FFH-Richtlinie enthalten sind, muss sicher gestellt werden, dass es zu keiner absichtlichen Störung der beiden Arten in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet kommt. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass die Laichgebiete nicht beeinträchtigt werden, um die ökologische Funktionalität der Gebiete für die Art nicht zu schwächen. Unter ökologischer Funktionalität versteht man die Fähigkeit der Population, eine lebensfähige Populationsgröße zu erreichen oder aufrechtzuer halten, mit dem Potenzial, durch die Erhaltung der Laichgebiete einen günstigen Erhaltungszustand für die gesamte Art zu erreichen und aufrechtzuer halten. Die ökologische Funktionalität trägt somit dazu bei, das Vorkommen der für die Art lebensnotwendigen Laichgebiete sicherzustellen.

#### Technische Anlage

Die Umweltauswirkungen durch den Schiffsverkehr im Zusammenhang mit Bautätigkeiten und -vorgängen sowie durch Unterwasserlärm durch Bohrungen werden begrenzt sein, da Bohrlärm und Schiffslärm nicht-impuls-haltige Lärmquellen sind und nicht so schädlich wie impuls-haltige Lärmquellen sind. Sie werden in erster Linie zur Vertreibung von Fischen in der Nähe des Baugebiets/der Lärmquelle führen. Ebenso werden Lebensraumveränderungen und CO<sub>2</sub>-Freisetzung lokal begrenzt sein und während der Bauzeit nur begrenzte Auswirkungen haben. Es wird daher nicht davon ausgegangen, dass diese Auswirkungen die ökologische Funktionalität des Gebiets als Aufzuchtgebiet für Ostseeschnäpel oder Störe beeinträchtigen oder die Arten beim Laichen, bei der Jungenaufzucht oder bei der Wanderung absichtlich stören könnten.

Im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Bautätigkeiten wird es zu einer Eintragung von Schwebstoffen in die Wassersäule und einer anschließenden Ablagerung auf dem Meeresboden kommen. Bei der Errichtung von Injektionsanlagen und physischen Bohrungen im Meeresboden ist mit dem Austreten von Sedimenten zu rechnen. Arten wie der Ostseeschnäpel und der Stör kommen in Küstennähe vor und sind daher resistent gegenüber Perioden erhöhter Sedimentkonzentrationen in der Wassersäule. Der Sedimentverlust durch die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten wird auf Grundlage von Studien zu anderen Projekten mit der Verlegung von Pipelines und Kabeln auf dem Meeresboden in der unmittelbaren Umgebung als sehr begrenzt eingeschätzt (INEOS, 2022). Daher wird davon ausgegangen, dass Sedimenteintrag die Migration von Ostseeschnäpel und Stör nicht verhindert. Da die Arten in Bächen und höchstwahrscheinlich außerhalb Dänemarks laichen, wird es zudem zu keinen Auswirkungen auf die Laichgebiete dieser Arten kommen.

Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass die Schwebstoffbelastung kein solches Ausmaß erreichen wird, dass sie die ökologische Funktionalität des Gebiets für den Europäischen Stör und den Ostseeschnäpel beeinträchtigen oder die Arten beim Laichen oder Wandern absichtlich stören könnten.

Unterwasserlärm durch seismische und geophysikalische Untersuchungen sowie das Rammen von Brunnenverrohrung kann negative Auswirkungen auf Fische haben. Es hat sich gezeigt, dass Fische, Fischeier und Fischlarven durch plötzliche Einwirkung von lautem Unterwasserlärm, beispielsweise durch Airguns, geschädigt werden können (Popper & Hawkins, 2019; Andersson, Carlsson, Thörn, & Östberg, 2025). Es wurde auch beobachtet, dass Fische Unterwassergeräusche vermeiden (Vermeidungsreaktion) und ihr Verhalten ändern, beispielsweise indem sie ihre Schwimmgeschwindigkeit und/oder Schwimmrichtung ändern. Es gibt keine Studien darüber, wie sich Unterwasserlärm auf Ostseeschnäpel und Störe auswirkt. Da sowohl Störe als auch Ostseeschnäpel im Süßwasser laichen, kann eine Beeinträchtigung ihrer Laichgebiete ausgeschlossen werden. Es kann jedoch nicht von der Hand gewiesen werden, dass es bei der Wanderung zu ihren Laichgebieten zu einer absichtlichen Störung kommt, wenn die Untersuchungen in einem für die Art wichtigen Gebiet stattfinden. Es ist jedoch zu erwarten, dass für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten konkreten Projekte auf See Lösungen gefunden werden können, bei denen der Schutz des Ostseeschnäpels und des Störs so gewahrt werden kann, dass die ökologische Funktionalität der konkreten Gebiete als Aufzucht- und Rastgebiete für Anhang-IV-Arten nicht beeinträchtigt wird bzw. der Ostseeschnäpel und der Stör beim Laichen oder Wandern nicht absichtlich gestört werden. Eine genauere Beurteilung ist nach Vorliegen der konkreten Projektvorschläge möglich.

#### Stilllegung der Anlagen

Der Rückbau der Anlagen und die Stilllegung des Injektionsrohrs können möglicherweise vorübergehende Auswirkungen auf den Ostseeschnäpel und den Stör haben, beispielsweise durch Lärm von Schiffen und Baggern sowie durch lokale Sedimentverbreitung rund um die bestehenden Anlagen im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten. Ostseeschnäpel und Störe werden vorübergehend aus dem unmittelbaren Bereich vertrieben, in dem die Stilllegungsarbeiten stattfinden. Es wird davon ausgegangen, dass die Entwicklung weder die ökologische Funktionalität des Gebiets als Laichgebiet für Ostseeschnäpel und Stör beeinträchtigt noch die Ostseeschnäpel und Störe beim Laichen, bei der Aufzucht ihrer Jungen oder bei ihrer Wanderung absichtlich stört.

#### Gesamtbewertung für Ostseeschnäpel und Stör

6.2.1.5 *Insgesamt wird davon ausgegangen, dass es möglich sein wird, Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten konkreten Projekte auf See zu finden, bei denen der Schutz des Ostseeschnäpels und des Störs gewahrt werden kann, sodass es zu keiner absichtlichen Störung der Arten bei der Fortpflanzung, der Aufzucht ihrer Jungen oder ihrer Wanderung kommt. Eine abschließende Beurteilung kann erst nach Vorliegen des konkreten Projektvorschlags bzw. der konkreten Projektvorschläge erfolgen. Da sowohl Ostseeschnäpel als auch Störe im Süßwasser laichen, kann ausgeschlossen werden, dass die durch die Verordnung ermöglichten Projekte auf See die ökologische Funktionalität des Süßwassergebiets beeinträchtigen oder die Arten beim Laichen oder Wandern ins Süßwasser absichtlich stören. Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulativen Auswirkungen*

Unter kumulativen Effekten versteht man die Auswirkungen der aktuellen Projekte, deren Umsetzung durch die Durchführungsverordnung ermöglicht wird, in Verbindung mit den Auswirkungen anderer Pläne oder Projekte, die Auswirkungen auf Anhang-IV-Arten haben können. Es muss daher geprüft werden, ob andere Aktivitäten, Projekte oder Pläne die Auswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte in einem solchen Ausmaß verstärken oder aufheben, dass die Auswirkungen insgesamt Arten des Anhangs IV beeinträchtigen können. Eine Abschätzung kumulativer Effekte ist auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht möglich. Es ist nicht möglich, das genaue Ausmaß der kumulativen Auswirkungen auf strategischer Ebene zu beurteilen, da dies vom Standort der Infrastruktur zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> und der zeitlichen

und räumlichen Verteilung anderer Pläne oder Projekte abhängt, die sich mit Projekten zur CO<sub>2</sub>-Speicherung im Rahmen der Durchführungsverordnung kumulieren können. Die kumulativen Auswirkungen müssen im Rahmen konkreter Projektvorschläge zur CO<sub>2</sub>-Speicherung bewertet werden. Der folgende Abschnitt enthält jedoch Beispiele für mögliche kumulative Auswirkungen.

Eine mögliche Auswirkung könnte der Ausbau der Offshore-Windenergie in der Nordsee, im Kattegat und in der Ostsee sein. Mit der Errichtung von Offshore-Windparks sind geophysikalische und geotechnische Machbarkeitsstudien verbunden, die Unterwasserlärme verursachen können, der die Meeresumwelt beeinträchtigt. Je nach Bauweise kann es auch durch Rammarbeiten für Turbinenfundamente zu Unterwasserlärmen kommen. Auch die Installation oder Inspektion von Unterseekabeln und -pipelines kann Unterwasserlärme verursachen, wenn bei der Inspektion Geräte zum Einsatz kommen, die Geräusche abgeben.

Unterwasserlärme durch Machbarkeitsstudien und/oder Rammarbeiten für Fundamente von Offshore-Windkraftanlagen sowie die Installation und Inspektion von Unterseekabeln und Pipelines kann in Kombination mit seismischen und geophysikalischen Untersuchungen im Zusammenhang mit Projekten im Rahmen dieser Durchführungsverordnung möglicherweise zu verstärkten Auswirkungen auf Anhang-IV-Arten führen, wenn die Projekte gleichzeitig in derselben Umgebung oder in Gebieten mit gefährdeten Populationen oder in wichtigen Brut- und Rastgebieten für Anhang-IV-Arten stattfinden. Die Projekte können in Kombination miteinander möglicherweise zu einer großflächigen Vertreibung führen oder die Wahrscheinlichkeit von (Hör-)Schäden direkt erhöhen. Solche Projekte müssen möglicherweise zeitlich und räumlich koordiniert werden.

Ebenso können kumulative Auswirkungen auf Anhang IV-Arten an Land auftreten, beispielsweise wenn die Errichtung technischer Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Speicherung in der Nähe anderer Hoch- und Tiefbauarbeiten mit ähnlichen Auswirkungen, wie etwa Lebensraumverlust und -verdrängung, erfolgt.

Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

#### *6.2.1.1 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen*

Es wird davon ausgegangen, dass über die in anderen Umweltgesetzen vorgeschriebene Überwachung hinaus kein Überwachungsbedarf besteht.

Es wird empfohlen, bei den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bautätigkeiten in wichtigen Aufzuchtgebieten für Meeressäugetiere während der Aufzuchtzeit zu vermeiden. In dänischen Gewässern sind keine spezifischen Aufzuchtgebiete für Schweinswale und Delfine bekannt, es gibt jedoch bekannte Gebiete, in denen während der Aufzuchtzeit eine hohe Schweinswaldichte herrscht und die daher während der Aufzuchtzeit für Schweinswale wichtig sind. Die Installation von CO<sub>2</sub>-Anlagen während der Aufzuchtzeit mit hoher Schweinswakkonzentration sollte möglichst vermieden werden.

Es wird außerdem empfohlen, dass bei den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bauvorhaben in Brutgebieten für terrestrische Anhang-IV-Arten während der Aufzuchtzeit vermieden werden oder dass Bauvorhaben in Lebensräumen durchgeführt werden, die auf kalkhaltigen Boden angewiesen sind: kalkhaltige Graslandschaften, kalkreiche Niedermoore, Seen und Quellen sowie kalkhaltige (harte) Gewässer, die wichtige Gebiete für Anhang-IV-Arten sein können.

#### **6.2.2 Natura 2000**

Im Folgenden werden die Grundlagen der Bewertungen, die geltenden Rechtsvorschriften (einschließlich der Methode für Natura-2000-Bewertungen), Parameter zur Abgrenzung der in die Bewertung einbezogenen Natura-2000-Gebiete sowie die Datengrundlage für die folgenden Beschreibungen und Bewertungen beschrieben. Die Bewertungen gelten für alle dänischen Natura-2000-Gebiete sowie für die schwedischen, deutschen und polnischen Natura-2000-Gebiete, die an die dänische AWZ grenzen.

#### 6.2.2.1 *Rechtsgrundlage und Umweltziele*

Die EU hat zwei Naturschutzrichtlinien verabschiedet, die FFH-Richtlinie und die Vogelschutzrichtlinie, deren Ziel der Schutz gefährdeter, seltener oder charakteristischer natürlicher Lebensraumtypen und Arten sowie deren Lebensräume ist. Art. 6 Abs. 3 der FFH-Richtlinie schreibt vor, dass keine Pläne genehmigt oder Projekte durchgeführt werden dürfen, die die Integrität eines Natura-2000-Gebiets beeinträchtigen könnten. Im dänischen Recht ist Art. 6 Abs. 3 1 der FFH-Richtlinie in § 6 der Habitat-Verordnung umgesetzt, der sich u. a. auf Pläne bezieht, die unter § 8 Abs. 8 Nr. 2 fallen, sowie in einer Reihe von sektoralen Gesetzen und Verordnungen, die die Annahme, Genehmigung usw. von Plänen und Projekten regeln, die die physische Umwelt beeinträchtigen können. Der Schutz wird durch die Ausweisung von Natura-2000-Gebieten erreicht, die als sichere Lebensräume für die geschützten Lebensraumtypen und Arten fungieren können. Natura 2000 ist daher die gemeinsame Bezeichnung für das internationale Netzwerk sowohl von Lebensraum- als auch von Vogelschutzgebieten in der EU.

In Dänemark ist die FFH- und Vogelschutzrichtlinie u. a. in der Habitat-Verordnung gesetzlich verankert und in den zugehörigen Leitlinien beschrieben. Natura-2000-Gebiete bilden ein ökologisches Netzwerk von Naturschutzgebieten in der gesamten EU. Für jedes der dänischen Natura-2000-Gebiete wurden eine grundlegende Analyse und ein Natura-2000-Plan erstellt, die den Zustand, die Bedrohungen und die Ziele der Gebiete beschreiben. Darüber hinaus gibt es für jedes Gebiet einen Aktionsplan mit Maßnahmen zur Verbesserung des Naturzustands bzw. zur Erhaltung eines günstigen Erhaltungszustands. Der Zweck des Natura-2000-Netzwerks besteht darin, einen günstigen Erhaltungszustand für die Arten und Lebensraumtypen sicherzustellen, die Grundlage für die Ausweisung der einzelnen Natura-2000-Gebiete sind. Der günstige Erhaltungszustand ist in den Habitattrichtlinien definiert. Dänemark muss gemäß Art. 17 der FFH-Richtlinie alle sechs Jahre der EU über den Erhaltungszustand von Lebensraumtypen und Arten Bericht erstatten. Der Erhaltungszustand wird in Veröffentlichungen und Berichten von DCE beschrieben, wobei die letzte Berichterstattung aus dem Jahr 2019 stammt (Fredshavn, et al., 2019).

Es muss eine Prüfung der Erheblichkeit für Natura 2000 erstellt werden, in der beurteilt wird, ob der Plan erhebliche Auswirkungen auf das Natura-2000-Gebiet haben könnte. Kann bei der Prüfung der Erheblichkeit ausgeschlossen werden, dass ein Plan allein oder im Zusammenhang mit anderen Plänen und Projekten ein Natura-2000-Gebiet erheblich beeinträchtigen kann, kann der Plan genehmigt werden. Wenn die Planungsbehörde zu der Einschätzung gelangt, dass der Plan erhebliche Auswirkungen auf ein Natura-2000-Gebiet haben könnte, muss eine detaillierte Verträglichkeitsprüfung der Auswirkungen des Plans auf das Natura-2000-Gebiet durchgeführt werden, wobei das Erhaltungsziel für das betreffende Gebiet zu berücksichtigen ist. Ergibt die Prüfung, dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass der Plan die Integrität des internationalen Naturschutzgebiets beeinträchtigen könnte, kann dem Antragsteller keine Genehmigung, Ausnahmegenehmigung oder Zustimmung erteilt werden. Sowohl die Prüfung der Erheblichkeit als auch die Verträglichkeitsprüfung müssen zudem kumulative Auswirkungen berücksichtigen, die typischerweise als eine Verstärkung der Auswirkungen einer bestimmten Umweltkomponente angesehen werden. Kumulative Auswirkungen können auch komplexere Auswirkungen sein, bei denen durch die Interaktion verschiedener Auswirkungen völlig neue Auswirkungen entstehen.

### Wasserrahmenrichtlinie und Natura-2000-Planung

Der Zusammenhang zwischen der dänischen Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und der FFH- und Vogelschutzrichtlinien wird ausführlich in den Leitlinien zur Habitat-Verordnung (Miljøstyrelsen, 2020) beschrieben. Wenn die Ausweisungsgrundlage eines Natura-2000-Gebiets mit einem bestimmten Wasserkörper verknüpft ist, haben diese Gebiete und Körper in der Gewässerplanung einen Schutzstatus. Die Maßnahmenprogramme für die Gewässer sind daher für die in den Natura-2000-Plänen festgelegten Schutzziele von wesentlicher Bedeutung.

Das Ziel der Natura-2000-Pläne, die Qualität der Gewässer zu verbessern, wird daher durch die Gewässermaßnahmen verwirklicht. Neben der Zielsetzung in Bezug auf die Gewässerplanung beschreibt die dritte Fassung der Natura-2000-Pläne einen direkten Bezug zum Meeresstrategieplan (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) und zum Umweltzustand der marinen Lebensraumtypen und Arten.

Aufgrund dieser engen Verknüpfung zwischen Gewässerplanung, Meeresstrategieplänen und Natura-2000-Plänen ist eine gleichzeitige Prüfung der Auswirkungen auf den Zustand eines Gewässers ein entscheidender Beitrag zur Prüfung der Erheblichkeit. Die Bewertung muss beinhalten, ob das Gewässer die gesetzten Ziele erreichen oder aufrechterhalten kann, um sicherzustellen, dass es zu keiner Verschlechterung des Zustands gemäß § 8 der Durchführungsverordnung über Maßnahmenprogramme kommt. Wenn festgestellt wird, dass ein Plan nicht zu einer Verschlechterung des Zustands der betroffenen Wasserkörper führt, bedeutet dies häufig, dass der Plan auch keine erheblichen Auswirkungen auf die entsprechenden Natura-2000-Gebiete haben wird. Eine Bewertung gemäß der Wasserrahmenrichtlinie ersetzt jedoch nicht eine unabhängige spezifische Prüfung der Erheblichkeit gemäß der Habitat-Verordnung.

#### 6.2.2.2 Methode

Beschreibungen und Bewertungen der relevanten Arten und Lebensraumtypen, die unter die internationalen Naturschutzbestimmungen fallen, basieren auf einer entsprechenden und vorhandenen Wissens- und Datenbankbasis, einschließlich Daten aus dem dänischen Umweltportal [Danmarks Arealinformation] (Danmarks Miljøportalen, 2021), NOVANA (NOVANA, 2024), arter.dk (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2025) und dem dänischen Artenportal [Naturbasen] (Lizenz E03/2014) (Naturbasen, 2022), sowie einschlägiger Fachliteratur zu geschützten Arten und Naturräumen.

#### 6.2.2.3 Aktuelle Bedingungen

Derzeit gibt es in Dänemark 250 Natura-2000-Gebiete. Einige sind ausschließlich marin, andere ausschließlich terrestrisch und wieder andere sind Gebiete, die teilweise marin und teilweise terrestrisch sind. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Natura-2000-Gebieten in Deutschland, Polen und Schweden, die entweder an die dänische AWZ grenzen oder sich in unmittelbarer Nähe dänischer Gewässer befinden (Figur 6.4). Im Folgenden werden die allgemeinen aktuellen Bedingungen für Natura-2000-Gebiete in Dänemark beschrieben.

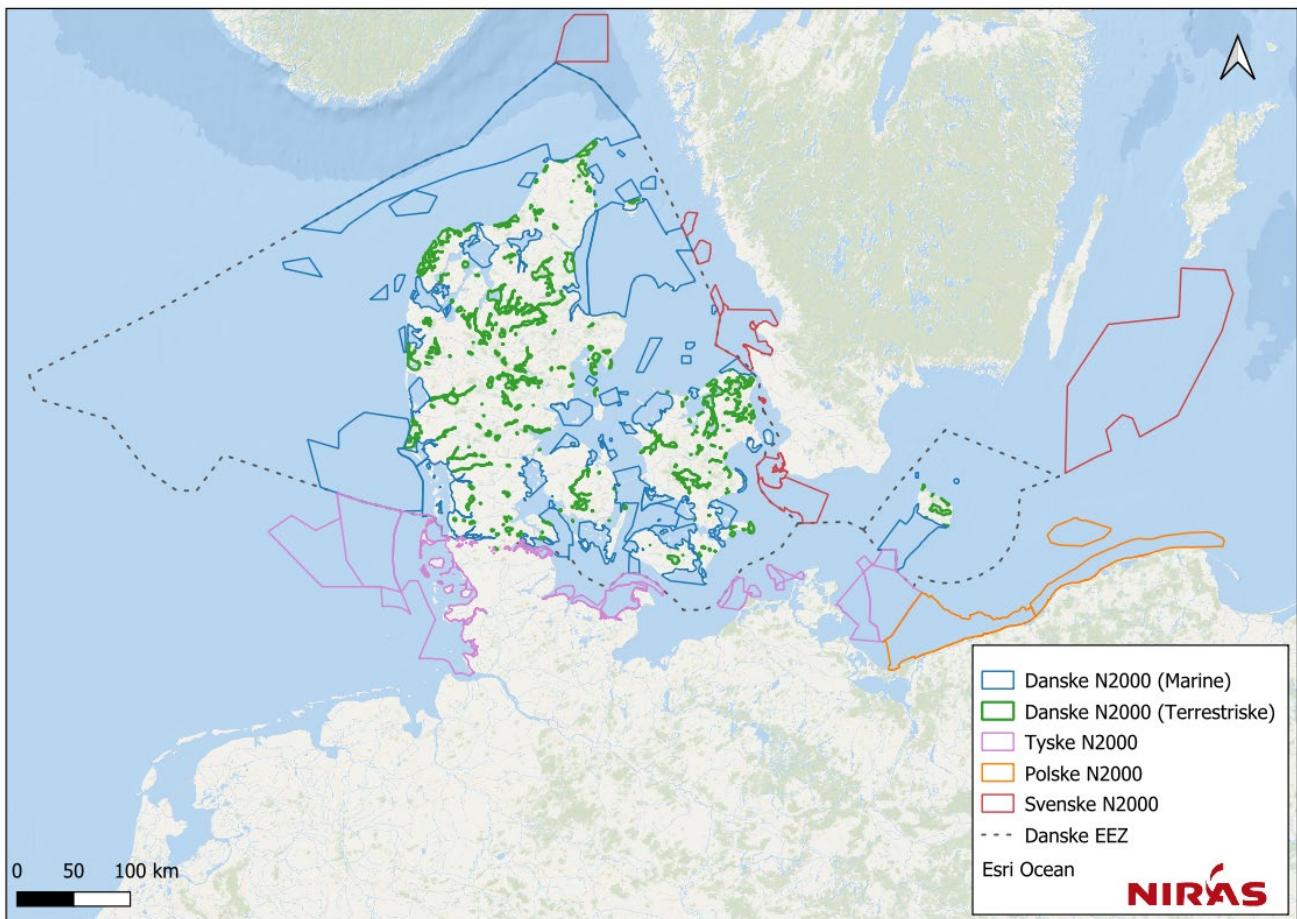


Abb. 6.4. Natura-2000-Gebiete in Dänemark auf See und an Land sowie Natura-2000-Gebiete in Deutschland, Polen und Schweden, die sich in der Nähe der dänischen AWZ befinden bzw. an diese grenzen.

#### 6.2.2.3.1 An Land

Die 250 Natura-2000-Gebiete in Dänemark bestehen aus Habitatgebieten, Vogelschutzgebieten und Ramsar-Gebieten. Einige der Gebiete sind gleichzeitig Vogelschutz-, Habitat- und Ramsar-Gebiete. Ein Teil der Natura-2000-Gebiete besteht aus einem terrestrischen Gebiet und einem Teil aus einem küstennahen Meeresgebiet. Die terrestrischen Flächen machen zusammen 9 % der Landfläche Dänemarks aus.

Natura-2000-Gebiete dienen dem Schutz stark gefährdeter, seltener oder charakteristischer Tierarten und Lebensräume. Insgesamt gibt es 52 terrestrische und Süßwasser-Lebensraumtypen, die sich in acht Süßwasser-Lebensraumtypen und 44 terrestrische Lebensraumtypen unterteilen, von denen zehn Wald-Lebensraumtypen sind. Darüber hinaus wurden insgesamt 84 Habitatarten und 84 Vogelarten identifiziert. Es folgt eine allgemeine Beschreibung der terrestrischen Lebensraumtypen und eine Liste der Arten der Ausweisungsgrundlage.

#### Lebensraumtypen

Entlang der 7.000 km langen Küste Dänemarks hat sich eine große Bandbreite unterschiedlicher Lebensraumtypen gebildet, die zu Dänemarks unberührtester und dynamischster Natur gehören. Diese werden im Folgenden anhand der Habitatbeschreibungen der dänischen Umweltschutzbehörde [Miljøstyrelsen] (Miljøstyrelsen, 2016), den NOVANA-Beschreibungen (NOVANA, 2024), kurz erläutert.

### *Strände und Salzwiesen*

Eine Reihe von Salzwiesenarten, die sich durch eine starke Zonierung auszeichnen, finden sich entlang geschützter Küsten, wo die Wind- und Wellenenergie aufgrund der geringeren Wassertiefe und des Schutzes durch gelegentliche Salzwasserüberflutungen reduziert wird. Obwohl die Küstenzone die unberührteste Natur Dänemarks aufweist, wird geschätzt, dass sechs von sieben Strand- und Salzwiesentypen einen mäßigen oder sehr ungünstigen Erhaltungszustand aufweisen. Daher weisen nur Schlickgrasbestände einen günstigen Erhaltungszustand auf (Fredshavn, et al., 2019).

#### Strände und Salzwiesen

Einjährige Spülsäume (1210) entstehen an felsigen oder kiesigen Stränden, an denen sich vom Meer abgelagerter Seetang oder Kies bildet und die eine eher instabile, von einjährigen Pflanzen dominierte Vegetation aufweisen.

Mehrjährige Vegetationen der Kiesstrände (1220) entstehen ebenfalls an felsigen oder kiesigen Stränden und weisen einen stabileren, mehrjährigen Bewuchs auf.

Atlantik-Felsküsten und Ostsee-Fels- und Steil-Küsten mit Vegetation (1230) sind steile Klippen und Felsen in unmittelbarer Nähe des Meeres und durch Salzeinwirkung und natürliche Störungen gekennzeichnet.

Die Pioniergevegetation mit *Salicornia* und anderen einjährigen Arten auf Schlamm und Sand (1310) ist geprägt von einjährigen Strandpflanzen, die Watt- oder Sandbänke an der Küste besiedeln.

In Schlickgrasbeständen (1320) dominiert bei hohem Salzgehalt die mehrjährige Pioniergevegetation.

Salzwiesen (1330) umfassen Pflanzenbestände, die regelmäßig vom Meer überflutet werden. Sie kommen an Küstenabschnitten vor, die vor starkem Wellengang geschützt sind.

Salzwiesen im Binnenland (1340) sind selten und kommen in der Kontinentalregion im Landesinneren vor, wo salzhaltiges Grundwasser austritt.

### *Küstendünen*

An den ungeschützten Küsten, die dem Einfluss von Meer und Wind besonders ausgesetzt sind, kommt es zu einem umfangreichen Materialtransport von Meeressand ins Landesinnere, wodurch sich Küstendünen bilden. Die Küstendünen sind dynamisch und weisen eine große Variationsbreite in Topographie, Bodenchemie und Mikroklima auf. Daher kommen die Lebensraumtypen oft in Mosaiken und als Übergangsformen vor.

In den stabilen Dünen weiter im Landesinneren findet man je nach Kalkgehalt, Feuchtigkeit und Störungsgrad des Sandes eine Reihe unterschiedlicher Vegetationstypen.

#### Küstendünen

Primärdünen (2110) und Weißdünen (2120) bilden sich am äußersten Rand des Meeres, wo die Küste besonders stark von Meer und Wind beeinflusst wird.

Festliegende Küstendünen mit krautiger Vegetation (Graudünen) (2130) bestehen aus einer mehr oder weniger geschlossenen Pflanzendecke mit Gräsern, krautigen Pflanzen, Moosen und Lehm. Der Typ umfasst zwei Untertypen, wobei Graudünen die am stärksten ausgewaschenen sind und saure Dünen eine besonders reiche Moos- und Flechtenflora aufweisen. Wo der Sand einen hohen Kalkgehalt aufweist, findet man die artenreiche Grünsanddüne.

Küstendünen mit Krähenbeere (2140) und Küstendünen mit Besenheide (2250) sind durch Auswaschung und Verfestigung von Sand entstanden, wobei Zwergsträucher und Wacholder dominieren.

Feuchte Dünentäler (2190) entstehen dort, wo der Grundwasserspiegel hoch ist oder wo es feucht oder wasserbedeckt ist und der Lebensraum vielfältige Pflanzengesellschaften wie Wiesen, Schilfsumpfe und kleine Dünenseen aufweist.

Dünen mit Sanddorn (2160) entstehen auf kalkhaltigem Boden entlang exponierter Küsten, oft mit einem gewissen Bestand an Sanddorn, und auf saurerem und ausgewaschenem Boden findet man Dünen mit Kriech-Weide (2170).

Bewaldete Dünen (2180) liegen entlang der freiliegenden Dünen und können sowohl aus normalem Wald als auch aus eher buschartiger Vegetation bestehen.

Obwohl die Küstendünen die unberührteste Natur Dänemarks aufweisen, wird der Erhaltungszustand nur in den Primärdünen der Atlantikregion als günstig eingeschätzt (Fredshavn, et al., 2019).

#### *Binnensanddünen, Heide und Buschland*

Außerhalb der Küstenzone können sich Dünen auf Treibsandablagerungen aus der letzten Eiszeit bilden. Diese Binnensanddünen liegen auf sehr trockenen, warmen, sauren und ausgewaschenen Sandböden und die Vegetation unterscheidet sich von der der Küstendünen. Die Binnensanddünen umfassen die unten aufgeführten Lebensraumtypen. Im atlantischen Raum weisen alle sechs Lebensraumtypen einen äußerst ungünstigen Erhaltungszustand auf. In der kontinentalen Region weisen die beiden Binnensanddünen mit Ginster bzw. Krähenbeere einen mäßig ungünstigen Erhaltungszustand auf, während die anderen vier Lebensraumtypen als sehr ungünstig bewertet werden (Fredshavn, et al., 2019).

#### **Binnensanddünen, Heide und Buschland**

Sandheiden mit Besenheide und Ginster auf Binnendünen (2310) und Sandheiden mit Krähenbeere auf Binnendünen (2320) sind beide geprägt durch Heidevegetation.

Offene Grasflächen mit Silbergras und Straußgras auf Binnendünen (2330) weisen eine graslandartige Vegetation auf, die von Gräsern und krautigen Pflanzen dominiert ist.

Feuchte Heiden (4010) findet man auf feuchten und nassen sandigen und nährstoffarmen Flächen, oft mit Glockenheide und üppiger Krautvegetation.

Trockene Heiden (4030) sind trockene, sandige, nährstoffarme Böden mit Pflanzen wie Heidekraut, Krähenbeere, Preiselbeere und Echter Bärentraube.

Wacholderbestände auf Zwergstrauchheiden oder Kalkrasen (5130) findet man dort, wo Wacholder Heide- und Grasland überwuchert, und am häufigsten dort, wo Rinder oder Hirsche das Gebiet abgeweidet und dem Wacholder die Möglichkeit zum Keimen und Wachsen gegeben haben.

### *Grasland, Wiesen und Klippen*

Grasland ist eine natürlich lichte, krautdominierte Vegetation auf gut entwässerten Böden, die unter dem Einfluss wiederkehrender Störungen, typischerweise in Form von Beweidung, steht. Grasland umfasst die unten aufgeführten Lebensraumtypen. Die drei Graslandtypen und gelegentlich auch Feuchtwiesen weisen in beiden biogeografischen Regionen einen sehr ungünstigen Erhaltungszustand auf.

Der Zustand des Borstgrasrasens in der atlantischen Region ist jedoch mäßig ungünstig (Fredshavn, et al., 2019). Der Erhaltungszustand der Silikatfelsen ist aufgrund unzureichender Kenntnisse über ihre Struktur und Funktion unbekannt. Für alle sechs Lebensraumtypen wird das Verbreitungsgebiet als stabil und für eine langfristige Erhaltung ausreichend groß eingeschätzt.

#### **Grasland, Wiesen und Klippen**

Trockene, kalkreiche Sandrasen (6120) sind ein seltener Lebensraumtyp, der sich durch die natürliche Erhaltung einer niedrigen, artenreichen Vegetation aufgrund von Dürre und häufigen Störungen auszeichnet.

Kalk-(Halb-)Trockenrasen (6210) und Artenreiche Borstgrasrasen (6230) auf kalkhaltigen bzw. kalkarmen Böden kommen je nach Bodenbeschaffenheit in vielen Varianten und Übergangsformen vor.

Pfeifengraswiesen (6410) werden vor allem durch den schwankenden Wasserstand und in geringerem Maße durch den Boden bestimmt. Sie sind daher sehr variabel. In den feuchtesten und kalkhaltigsten Bereichen können sie üppigen kalkreichen Niedermooren ähneln, während sie auf kalkhaltigen Böden mehr oder weniger feucht sind und eine spärliche Gras- und Krautvegetation mit weniger Arten aufweisen.

Silikatfelsen mit Felsspaltenvegetation (8220) und Silikatfelsen mit Pionierrasen (8230) finden sich auf Bornholm auf trockenen, exponierten, kalkarmen Felsen (typischerweise Granit, Serpentinit und Gneis), die nicht dem Meer ausgesetzt sind.

### *Moore*

Moore kommen natürlicherweise in Gebieten mit hohem Wasserstand vor und umfassen eine große Bandbreite an Pflanzenbeständen, von denen sieben unter die FFH-Richtlinie fallen. Mit Ausnahme der Übergangs- und Schwingrasenmoore im Atlantik und der lebenden Hochmoore in der Kontinentalregion, deren Erhaltungszustand mäßig ungünstig ist (da Tofte Mose den größten Teil des Gebiets einnimmt), wird der Erhaltungszustand für alle Moortypen in beiden Regionen als sehr ungünstig bewertet (Fredshavn, et al., 2019). Für alle sieben Lebensraumtypen wird das Verbreitungsgebiet als stabil und für eine langfristige Erhaltung ausreichend groß eingeschätzt.

#### **Moore**

Lebende Hochmoore (7110) sind ein extrem nährstoffarmer und saurer Moortyp, der dort entsteht, wo die Wasser- und Nährstoffversorgung ausschließlich durch Niederschläge erfolgt.

Degradierte Hochmoore (7120) sind der Lebensraumtyp, in dem sich ein lebendes Hochmoor durch Entwässerung und/oder Nährstoffbelastung zu einer degenerierten Form entwickelt hat.

Übergangs- und Schwingrasenmoore (7140) sind ein variabler Lebensraumtyp, der zunächst eine schwimmende Pflanzendecke im Wasser, an Seen und in Kalktuffquellen oder in Senken in Sümpfen und Heiden bildet.

Torfmoor-Schlenken (7150) sind ein seltener Lebensraumtyp, der natürlich als Pioniergevegetation auf freiliegendem Torf in Hochmooren und Heidemooren vorkommt.

Kalkreiche Niedermoore (7230) sind ein artenreicher Lebensraumtyp, der auf kalkhaltigen, feuchten Böden mit hohem Grundwasserspiegel vorkommt.

Sümpfe und Röhrichte mit Schneide (7210) bestehen aus feuchten, kalkhaltigen Schilfsümpfen und Mooren, in denen Schneiden vorherrschen.

Kalktuffquellen (7220) sind dort zu finden, wo aufsteigendes kalkhaltiges Grundwasser die meiste Zeit des Jahres frei fließendes Wasser bildet.

### *Wald*

In Dänemark gibt es zehn Waldlebensraumtypen, die durch die FFH-Richtlinie geschützt sind und deren Verbreitungsschwerpunkte alle in der Kontinentalregion liegen. Zu den Waldtypen zählen vier Buchenwaldtypen, drei Eichenwaldtypen, ein Waldtyp, der sich entlang der exponierten Küsten bildet, und zwei Sumpfwaldtypen, die sich auf feucht-nassen Böden entwickeln.

Für alle Waldtypen wird der Erhaltungszustand in beiden biogeografischen Regionen als sehr ungünstig eingeschätzt (Fredshavn, et al., 2019). Mit Ausnahme der beiden seltenen Waldtypen Orchideen-Kalk-Buchenwälder und Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder wird die Fläche und Verbreitung aller Waldtypen als stabil und für eine langfristige Erhaltung ausreichend groß eingeschätzt.

### *Wald*

Hainsimsen-Buchenwälder (9110) und Buchen-Eichenwälder mit Stechpalme (9120) wachsen auf saurem und Mutterboden bildendem Böden mit einer spärlichen Bodenflora, die durch saure Arten gekennzeichnet ist.

Waldmeister-Buchenwälder (9130) sind der flächenmäßig am weitesten verbreitete Buchenwaldtyp mit großen Schwankungen im Artenbestand, abhängig vom Säure- und Feuchtigkeitsgehalt des Bodens.

Orchideen-Kalk-Buchenwälder (9150) wachsen auf sehr kalkhaltigen Böden oder tertiären plastischen Tonen, wo es eine reiche Bodenflora an kalkliebenden Arten gibt.

Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder (9160) sind ein variabler Waldtyp mit Eichen und Hainbuchen auf relativ kalkhaltigen und oft leicht wassergesättigten Böden, die ein Gedeihen der Buche und eine Dominanz der Esche verhindern.

Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder (9170) sind ein seltener Waldtyp, der natürliche Eichenwälder mit mehr Traubeneichen als Stieleichen umfasst.

Eichenwälder auf Sandböden mit Stieleiche (9190) kommen auf kargen, sauren Böden vor, auf denen vorwiegend Stieleichen wachsen. Sie weisen häufig eine artenreiche Baumzusammensetzung und eine reiche Bodenbedeckung aus Farnen und anderen widerstandsfähige Pflanzen auf.

Moorwälder (91D0) werden von Birken, Waldkiefern oder Fichten dominiert und kommen auf relativ nährstoffarmen, sauren Böden mit einem hohen Grundwasserspiegel vor.

Erlen-Eschen- und Weichholzauenwälder (91E0) kommen auf natürlich nährstoffreichen, kalkhaltigen und relativ feuchten Böden vor und werden häufig von feuchtgebietstoleranten und grundwasserliebenden Baumarten wie Erlen und Eschen dominiert.

#### *Süßwasser-Lebensraumtypen – Seen*

Die Seelebensräume werden seit 2004 überwacht und weisen alle einen mäßig ungünstigen oder sehr ungünstigen Erhaltungszustand auf. Der Erhaltungszustand der Stillgewässer mit Strandlings-Gesellschaften ist sowohl in der atlantischen als auch in der kontinentalen Zone mäßig ungünstig. Der Lebensraumtyp ist von allen Seelebensraumtypen der anfälligste und der Grund für seinen nur mäßig ungünstigen Zustand liegt vermutlich darin, dass sich durch die Verschlechterung (zunehmende Eutrophierung) die Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaft verändert. Dadurch wird der Seetyp zu einem nährstoffreicherem Seetyp und wird bei der Berechnung der Stillgewässer mit Strandlings-Gesellschaften nicht berücksichtigt. Der Erhaltungszustand der Stillgewässer mit Armleuchteralgen, der nährstoffreichen Seen und der dystrophen Seen und Teiche wird in der atlantischen Zone als sehr ungünstig und in der kontinentalen Zone als mäßig ungünstig eingeschätzt (Fredshavn, et al., 2019). Die Kartierung der Seenlebensraumtypen in den Natura-2000-Gebieten ist noch nicht abgeschlossen. Dies bedeutet, dass die allgemeine Entwicklung sowohl in Natura 2000 als auch auf nationaler Ebene nicht mit Sicherheit beschrieben werden kann.

#### *Süßwasser-Lebensraumtypen – Seen*

Stillgewässer mit Strandlings-Gesellschaften (3110) sind kalzium- und nährstoffarme Seen und Teiche, die sich besonders durch Bodentriebpflanzen und einen niedrigen pH-Wert auszeichnen.

Stillgewässer mit Strandlings- oder Zwergbinsen-Gesellschaften (3130) sind eher nährstoffarme Seen und Teiche mit kleinen Amphibienpflanzen am Ufer.

Stillgewässer mit Armleuchteralgen (3140) sind kalkhaltige Seen und Teiche mit Armleuchteralgen, die häufig recht sauber oder nur leicht eutroph sind.

Eutrophe Seen (3150) sind nährstoffreiche Seen und Teiche, oft mit Schwimmppflanzen oder großen Seerosen.

Dystrophe Seen und Teiche (3160) sind Gewässer, deren Wasserfarbe auf einen hohen Gehalt an Humusstoffen zurückzuführen ist.

Fließgewässer mit flutender Wasservegetation (3260) sind im ganzen Land weit verbreitet.

Feuchte Hochstaudenfluren (6430) weisen eine hohe Krautvegetation entlang schätzungsweise 80 Prozent der dänischen Fließgewässer auf. Der Lebensraumtyp kommt auch an schattigen Waldrändern vor, obwohl dieses Vorkommen im Land nicht bekannt ist.

Flüsse mit Gänsefuß- und Zweizahn-Gesellschaften auf Schlammbänken (3270) sind Fließgewässer mit stellenweise freiliegenden Schlammbänken und einjährigen Pflanzen. Der Lebensraumtyp kommt äußerst zerstreut und typischerweise nur auf Flächen von wenigen Quadratmetern in größeren Fließgewässern vor.

## Arten

Natura-2000-Gebiete dienen dem Schutz einer großen Artenvielfalt. Die Arten umfassen verschiedene Tier- und Pflanzenarten, die sich in Säugetiere, Reptilien, Amphibien, Insekten und Spinnentiere, Fische und Krebstiere, Wirbellose wie Schnecken, Muscheln und Blutegel sowie Gefäßpflanzen, Moose und Flechten unterteilen. Viele der Arten sind speziell auf die oben genannten Lebensraumtypen angewiesen, sodass eine Beeinträchtigung der Lebensraumtypen indirekte Auswirkungen auf die Arten hat.

## Vögel

Insgesamt gibt es 125 Vogelschutzgebiete, die eine Gesamtfläche von ca. 27.730 km<sup>2</sup> abdecken. Der überwiegende Teil der Fläche liegt im Meer, während nur 6 %, also 2.520 km<sup>2</sup>, an Land liegen. In den terrestrischen Natura-2000-Gebieten und teilweise marinen Natura-2000-Gebieten gibt es eine Reihe von Vogelarten der Ausweisungsgrundlage. Die Ausweisung muss sicherstellen, dass die Lebensräume der betreffenden Vögel erhalten und geschützt werden.

Bei der Ausweisung wird zwischen Brutvögeln und Zugvögeln unterschieden, wobei die Bedeutung der Gebiete für die Arten zeitlich und räumlich unterschiedlich sein kann, je nachdem, ob die Gebiete den Status von Brutgebieten oder Rast-, Überwinterungs- und Nahrungsgebieten haben. Zu bestimmten Jahreszeiten können die Gebiete daher eine erhebliche Anzahl einer Vogelart beherbergen.

### 6.2.2.3.2 Auf See

In Dänemark wurden 250 Natura-2000-Gebiete ausgewiesen, von denen 33 ausschließlich Meeresgebiete sind. Einige der Natura-2000-Gebiete bestehen jedoch sowohl aus einer Küstenmeeresfläche als auch aus einer Landesfläche. Die Meeresgebiete machen zusammen 28 % der Meeresfläche aus. Natura-2000-Gebiete dienen dem Schutz stark gefährdeter, seltener oder charakteristischer Tierarten und Lebensräume. Es folgt eine allgemeine Beschreibung der Lebensraumtypen und marin Arten der Ausweisungsgrundlage.

## Lebensraumtypen

Es gibt acht marine Lebensraumtypen, die in der Ausweisungsgrundlage eines oder mehrerer mariner Natura-2000-Gebiete enthalten sein können. Dies betrifft die folgenden acht Lebensraumtypen (Fredshavn, et al., 2019):

- Sandbänke (1110) entstehen durch Materialtransport entlang der Küsten, z. B. in Form von Riffen, die unbewachsen oder möglicherweise mit Seegras bewachsen sein können.

- Ästuarien (1130) größerer Ströme sind Einschnitte in der Küste oder im Grund von Fjorden, möglicherweise mit Ablagerungen in Form eines Deltas (z. B. Skjern Å).
- Vegetationsfreies Schlick-, Sand- und Mischwatt (1140), das bei Ebbe freiliegt, kommt vor allem im Wattenmeer vor, ist aber auch in den inneren dänischen Gewässern von Læsø bis Lolland zu finden.
- Lagunen des Küstenraumes (1150) sind vom Meer abgeschnittene Brackwasserseen und bilden somit eine Übergangszone zwischen den Binnenseen und den Küstenlebensräumen.
- Flache große Meeresarme und -buchten (1160) sind flache Gebiete mit begrenztem Süßwassereinfluss und stellen daher den Großteil der Fjorde in den inneren Gewässern dar.
- Riffe (1170) sind Bereiche auf dem Meeresboden mit hartem Untergrund, wie etwa Felsriffe, die oft einen hohen Artenreichtum an Tieren und Pflanzen aufweisen.
- Submarine durch Gasaustritte entstandene Strukturen (1180) sind einzigartige Formationen aus verfestigtem Sandstein, die durch jahrtausendealtes Methangas entstanden sind, das aus tiefen Schichten unter dem Meeresboden austritt. Diese Strukturen beherbergen eine äußerst vielfältige Tierwelt.
- Meereshöhlen (8330) gibt es nur auf der Felseninsel Bornholm.

Die marinen Lebensraumtypen sind noch rechtdürftig kartiert und kommen vor allem in den ausgewiesenen Natura-2000-Gebieten vor. Der Erhaltungszustand der marinen Lebensräume basiert in erster Linie auf professionellen Einschätzungen auf Grundlage von Überwachungsdaten, Gewässerplänen und bekannten Einflussfaktoren. Die Struktur und Funktion der kartierten Vorkommen werden als sehr ungünstig beurteilt, auch wenn die Entwicklung des Zustands der Sandbänke, Lagunen, Buchten und Meeresarme in der Ostsee als sich verbessert eingeschätzt wird. Die stabile Entwicklung von Riffen und die Ausbreitung von Sandbänken wurde in Natura-2000-Gebieten bewertet. Da jedoch praktisch keine biologischen Studien zu Riffen und Sandbänken außerhalb von Natura-2000-Gebieten durchgeführt wurden, ist der Status hier völlig unbekannt. Das Wissen über die Meereshöhlen auf Bornholm ist so dürftig, dass der Status ihrer Struktur und Funktion als unbekannt einzustufen ist (Fredshavn, et al., 2019).

#### Fische

Das Wissen über die Meereshöhlen auf Bornholm ist so dürftig, dass der Status ihrer Struktur und Funktion als unbekannt einzustufen ist. Fische

Flussneunauge, Meerneunauge, Atlantischer Lachs, Ostseeschnäpel, Maifisch und Finte sind als Arten für mehrere der küstennahen Natura-2000-Gebiete ausgewiesen. Nachfolgend werden die Arten kurz beschrieben. Das *Flussneunauge* (*Lampetra fluviatilis*) ist ein Wanderfisch, der in Flüssen laicht und im Meer aufwächst. Die frisch geschlüpften Larven halten sich in Gewässern mit weichem Boden auf, wo sie sich in das Bodensubstrat eingraben und von feinem organischen Material und Algen ernähren. Die erwachsenen Neunaugen sterben nach dem Laichen. Flussneunaugen sind in Dänemark relativ selten und wurden nur an wenigen Orten in großer Zahl nachgewiesen. Flussneunaugen wandern jedes Jahr nach Ribe Vesterå, wo sie laichen. Landesweit wurde die Art nur in wenigen Fließgewässern nachgewiesen. Die Art wurde an einem einzigen Standort in Varde Å gefunden.

Das *Meerneunauge* (*Petromyzon marinus*) wächst im Meer als Parasit auf anderen Fische auf und wandert im Sommer zum Laichen in größere Flüsse. Die Art laicht in Gewässern mit käftiger Strömung und einem Flussbett aus Steinen und Kies. Die frisch geschlüpften Larven wandern in Richtung weicher Bodenflächen, wo sie sich wie die anderen Neunaugenarten von feinem organischen Material, Algen und Mikroorganismen ernähren. Meerneunaugen sind in Dänemark relativ selten, daher ist über die tatsächliche Verbreitung der Art in dänischen Gewässern derzeit nicht viel bekannt.

Lachs (*Salmo salar*) ist wie Finte, Maifisch und Meer- und Flussneunauge ein anadromer Fisch, d. h., er verbringt die meiste Zeit seines Lebens im Salzwasser, laicht jedoch im Süßwasser. Oft kehrt der Lachs in den Fluss zurück, in dem er geschlüpft ist. Lachse sind in Dänemark nur begrenzt verbreitet und kommen hauptsächlich in vier Flüssen (Skjern Å, Storå, Varde Å und Ribe Å) in Westjütland vor. Lachse haben hohe Ansprüche an ihren Lebensraum, was die Wasserqualität, die physikalischen Bedingungen und die Wassertemperatur betrifft, und gelten als Flussfische, die starke Strömungen und sauberes Wasser benötigen (Naturstyrelsen, 2016a). Die Aufzuchtgebiete der Jungfische befinden sich in Gewässerabschnitten mit flachem und frischem Fließwasser, in denen gelegentlich Wasserpflanzen, Steine und Baumwurzeln vorkommen (Miljøstyrelsen, 2022c). Eine Voraussetzung für die Entwicklung guter, sich selbst reproduzierender Lachspopulationen in den großen Flüssen Jütlands ist die Schaffung freier Passagen zu und von den Laichplätzen, um sicherzustellen, dass die erwachsenen Fische laichen können und die Lachsjungfische ungehindert ins Meer wandern können. Darüber hinaus ist es von entscheidender Bedeutung, dass die physikalischen Bedingungen in den betreffenden Gewässern den hohen Ansprüchen des Lachses an Laichplätze gerecht werden. In den letzten Jahren wurden daher umfangreiche Renaturierungsprojekte durchgeführt und zahlreiche Barrieren beseitigt. Dadurch konnten die physikalischen Bedingungen in zahlreichen Gewässern deutlich verbessert werden.

Der Ostseeschnäpel (*Coregonus maraena*) ist ein Lachsfisch im Wattenmeergebiet, wo er sowohl im Wattenmeer an den südlichen Teilen der dänischen Westküste aufwächst als auch zum Laichen hin und her wandert und in den Flüssen von Varde Å bis Vidå vorkommt (Carl, Berg, & Møller, 2019). Der Ostseeschnäpel steht unter Naturschutz und ist eine prioritäre Art der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie. Der Bestand der Ostseeschnäpel wurde früher durch Zucht und spätere Freilassungen aufrechterhalten. Im Zeitraum 2005 bis 2013 wurde ein LIFE-Projekt speziell mit dem Ziel durchgeführt, gute Laich- und Wandermöglichkeiten für die Ostseeschnäpel in Varde Å, Sneum Å, Ribe Å und Vidå zu gewährleisten. Im Rahmen des NOVANA-Monitorings wurde der Ostseeschnäpel im Zeitraum 2012 bis 2015 jährlich mit einigen wenigen Individuen registriert. Schätzungen zufolge gibt es derzeit im Varde Å keinen wirklichen Laichbestand (Miljøstyrelsen Syddjyjylland, 2021c).

Finte (*Alosa fallax*) und Maifisch (*Alosa alosa*) gehören zur Familie der Heringe. Sowohl die Finte als auch der Maifisch leben im Meer als Schwarmfische in Küstennähe. Im Frühsommer wandern geschlechtsreife Finte in größere Flüsse, um zu laichen. Es ist nicht mit Sicherheit bekannt, dass die Art jemals in dänischen Gewässern gebrütet hat. In Dänemark trifft man sie als Gast aus den Ländern südlich Dänemarks an, wo sie in den großen mitteleuropäischen Flüssen laichen. Nahezu alle Registrierungen der Finte in Dänemark erfolgen im Meer und nur sehr wenige Exemplare wurden in Flüssen gefunden. Daher gilt die Finte lediglich als Streuner in dänischen Flüssen (Miljøstyrelsen Midtjylland, 2021i). Der Maifisch ist in dänischen Gewässern ein seltener Gast und es gibt nur wenige eindeutige Sichtungen. Angaben in der älteren Literatur zu möglichen dänischen Brutpopulationen lassen sich in keiner Weise bestätigen und es gibt keinen einzigen dokumentierten Fund aus dänischen Flüssen (Krog & Carl, 2019).

#### Erhaltungszustand von Fischen der Ausweisungsgrundlage für marine Natura-2000-Gebiete

Der Erhaltungszustand sowohl des Meer- als auch des Flussneunauges war bisher unbekannt, wird aber aufgrund besserer Datenlage nun als sehr ungünstig beurteilt, da die Gesamtpopulation zurückgegangen ist und sehr gering ist (Fredshavn, et al., 2019). Der Gesamtbestand der Ostseeschnäpel ist noch sehr gering, weshalb ihr Erhaltungszustand als sehr ungünstig eingeschätzt wird (Fredshavn, et al., 2019). Seit der Umsetzung eines dänischen Lachsmanagementplans im Jahr 2004, der jährliche Freisetzung von Jungfischen und Verbesserungen an Flüssen umfasst, wurden für die Bestände in Westjütland erhebliche Fortschritte erzielt. Allerdings hat nur die Storå-Population eine Größe erreicht, bei der sie nicht mehr stark gefährdet ist und ohne Besatz von Brut erhalten werden kann (Koed, Sivebæk, & Nielsen, 2017). Obwohl der Besatz von Lachsbrut und Smolt in die Flüsse Jütlands Früchte getragen hat und die Lachspopulation insbesondere in der atlantischen Bioregion

zunimmt, lässt sich angesichts der fortgesetzten Besätze nicht feststellen, ob die Populationen an sich stabil und lebensfähig sind. Der Erhaltungszustand in der gesamten Atlantikregion wird daher als mäßig ungünstig beurteilt (Fredshavn, et al., 2019).

#### Meeressäugetiere

Die drei häufigsten Meeressäugetiere Dänemarks sind der Seehund, die Kegelrobbe und der Schweinswal. Alle drei sind in der Ausweisungsgrundlage für mehrere der marinen Natura-2000-Gebiete enthalten. Eine Beschreibung der Schweinswale ist in Abschnitt 6.2.1.4.2 über die Arten des Anhangs IV zu finden.

Seehunde sind die häufigste Robbenart in Dänemark und kommen in allen dänischen Gewässern vor, mit Ausnahme der Ostsee um Bornholm. Es handelt sich um eine küstennahe Art. Der Bestand der Seehunde ist von etwa 2.000 Tieren im Jahr 1976 auf etwa 10.000 im Jahr 2017 angestiegen, hauptsächlich als Folge des Jagdverbots im Jahr 1977 und der Einrichtung einer Reihe von Seehundschutzgebieten mit beschränktem Zugang (Hansen J.W. & Høgslund S., 2023). Die Zahl der Seehunde in Dänemark lag im Jahr 2021 bei 8.700. Seit 2017 ist somit ein Rückgang zu verzeichnen, was darauf hindeutet, dass die Population die ökologische Tragfähigkeit der Umwelt erreicht hat (Hansen J.W. & Høgslund S., 2023). Seehunde sind sesshaft, das heißt, ein bestimmtes Individuum nutzt Jahr für Jahr hauptsächlich denselben Aufzucht-/Ruheplatz. Die Robben sind darauf angewiesen, an diesen Orten das ganze Jahr über an Land kommen zu können, um sich auszuruhen, zu brüten und das Fell zu wechseln (Galatius, A., 2017). Aus diesem Grund sind Seehunde anfällig für Störungen durch den Menschen und die Zerstörung ihrer Aufzucht- und Ruheplätze. Diese Persistenz hat auch dazu geführt, dass die Seehunde in Dänemark in vier genetisch unterschiedliche Populationen im Wattenmeer, im mittleren Limfjord, im Kattegat und in der westlichen Ostsee aufgeteilt sind (Galatius, A., 2017). Die Situation im Jahr 2021 sieht so aus, dass seit 2017 in allen vier Gebieten ein negativer Populationstrend zu verzeichnen ist, wobei nur die lokalen Populationen in der westlichen Ostsee wachsen. Der Erhaltungszustand der Seehunde wird in dänischen Gewässern als günstig eingeschätzt (Fredshavn, et al., 2019) und der Seehund wird auf der dänischen Roten Liste als „lebensfähig“ (livskraftig/LC) eingestuft (Moeslund, et al., Den danske Rødliste, 2023).

In Dänemark stammen Kegelrobben aus zwei Populationen in der Nordsee und der zentralen Ostsee. Der Bestand der Kegelrobbe ist in den letzten zehn Jahren gewachsen. Im Jahr 2021 wurden in Dänemark 182 Exemplare im Kattegat registriert. Es ist davon auszugehen, dass sich der allgemeine Anstieg der Zahlen in allen Gebieten in den kommenden Jahren fortsetzen wird. Von 2003 bis 2021 wurden in Dänemark jährlich 14 lebende Kegelrobenjunge beobachtet. Nach einer Pause von etwa hundert Jahren brütet die Kegelrobbe nun regelmäßig an mehreren Standorten, darunter Søndre Rønner und Borfelt bei Læsø, Anholt und im Wattenmeer (Hansen J.W. & Høgslund S., 2023). Wie Seehunde sind auch Kegelrobben anfällig für Störungen durch den Menschen und die Zerstörung ihrer Aufzucht- und Ruheplätze. Die Kegelrobbe ist wahrscheinlich anfälliger als der Seehund, da die Kegelrobenjungen nicht von Geburt an schwimmen können (Galatius, A., 2017). Der Erhaltungszustand der Kegelroben in dänischen Gewässern wird als ungünstig eingeschätzt, sie kommen jedoch in immer größerer Zahl in dänischen Gewässern vor (Fredshavn, et al., 2019). Kegelroben sind auf der dänischen Roten Liste in der Kategorie „gefährdet“ (Vulnerable, VU) aufgeführt (Moeslund, et al., Den danske Rødliste, 2023).

Sowohl für Seehunde als auch für Kegelroben sind die wichtigsten Überlebensbedingungen die Fähigkeit, Beute (hauptsächlich Fische) zu finden und an geeigneten Aufzucht- und Ruheplätzen an Land zu gehen.

#### Vögel

In den marinen Natura-2000-Gebieten und den teilweise marinen Natura-2000-Gebieten gibt es eine Reihe von Vogelarten der Ausweisungsgrundlage. Besonders wichtig sind Meeresvogelschutzgebiete entlang der Küsten,

wo auch Salzwiesen und andere Naturgebiete eingeschlossen sind. Meeresvogelschutzgebiete machen einen erheblichen Teil der Natura-2000-Gebiete in Dänemark aus. Insgesamt gibt es 125 Vogelschutzgebiete mit einer Gesamtfläche von ca. 27.730 km<sup>2</sup>, wovon ca. 25.200 km<sup>2</sup> auf See liegen. Diese Meeresgebiete sind besonders wichtig für den Schutz von Zug- und Brutvögeln, die die dänischen Gewässer als Rast-, Überwinterungs- und Nahrungsgebiete nutzen und zu bestimmten Jahreszeiten eine beträchtliche Anzahl einer Vogelart beherbergen können.

#### 6.2.2.4 Erhebliche Auswirkungen in Natura-2000-Gebieten

Im folgenden Abschnitt werden Prüfungen der Umweltauswirkungen auf Natura-2000-Gebiete durchgeführt. Die Bewertungen gelten für alle dänischen Natura-2000-Gebiete sowie für die schwedischen, deutschen und polnischen Natura-2000-Gebiete, die an die dänische AWZ grenzen.

##### 6.2.2.4.1 An Land

Durch die Änderung der Durchführungsverordnung werden Pilot- und Demonstrationsprojekte an Land ermöglicht, während dies nach der vorherigen Durchführungsverordnung nur in Teilen der Nordsee zulässig war. Eine Anlage zur geologischen Speicherung könnte sich daher grundsätzlich innerhalb oder neben Natura-2000-Gebieten an Land befinden.

Geschützte Lebensräume und Arten können durch die Verordnung in Form der Errichtung technischer Anlagen, des Austritts von CO<sub>2</sub> und des Rückbaus der Anlagen nach der Nutzung beeinträchtigt werden. Die konkreten Aktivitäten, einschließlich ihres Standortes, ihrer Ausgestaltung und ihrer Art, sind nicht bekannt und können derzeit nicht bewertet werden, vgl. die Methodenbeschreibung im Abschnitt 6.2.2.2. Sie müssen im Rahmen der konkreten Projekte bewertet und bearbeitet werden. Die Natura-2000-Bewertung gemäß der Durchführungsverordnung wird daher die durch die Verordnung ermöglichten Aktivitäten auf einer Ebene umfassen, die dem Detaillierungsgrad der Verordnung entspricht. Die Bewertungen erfolgen daher auf übergeordneter Ebene auf der Grundlage allgemeiner Überlegungen, da es an Kenntnissen über Baumethoden und Standorte für die nachfolgenden konkreten Projekte mangelt.

##### Lebensraumtypen

Technische Anlagen, darunter Bohr-, Injektions- und Zwischenlageranlagen, können durch direkte Landnutzung potenziell geschützte Lebensräume der Ausweisungsgrundlage beeinträchtigen, wenn sie sich direkt in oder in der Nähe von Lebensraumgebieten innerhalb von Natura-2000-Gebieten befinden. Darüber hinaus können Lebensraumtypen durch mögliche CO<sub>2</sub>-Lecks beeinträchtigt werden, die zu sauren Bedingungen führen und möglicherweise empfindliche Lebensraumtypen mit kalkhaltigem Boden beeinträchtigen können, wie etwa kalkhaltige Graslandschaften, kalkreiche Niedermoore und Seen usw.

Ob der Flächenverlust erhebliche Auswirkungen auf terrestrische Lebensraumtypen hat, hängt teilweise davon ab, wo die Anlage errichtet wird, ob sie sich innerhalb oder in der Nähe von Lebensraumtypen befindet und welche Lebensraumtypen betroffen sind. Dasselbe gilt für den Austritt von CO<sub>2</sub>, wobei insbesondere der Lebensraumtyp der Ausweisungsgrundlage von Bedeutung sein wird. Daher ist davon auszugehen, dass die Auswirkungen eines Austritts auf die kalkhaltigen Lebensraumtypen stärker sein werden. Laut eines Memos von GEUS (GEUS, 2023) wird davon ausgegangen, dass die Wahrscheinlichkeit einer Leckage sehr gering ist. Die größte Leckagewahrscheinlichkeit wird rund um die Bohrung an der Injektionsstelle eingeschätzt. Die Überwachungs- und Sicherheitsanforderungen werden bewertet, um sicherzustellen, dass ein Leck entlang des

Bohrgestänges behoben wird, bevor die Leckage möglicherweise Natura-2000-Gebiete in der Nähe der Injektionsstelle beeinträchtigen könnte.

Aufgrund der derzeitigen Ausgangslage und fehlender Kenntnisse über Bauverfahren und Standorte für spätere konkrete Projekte können erhebliche Auswirkungen auf terrestrische Lebensraumtypen nicht ausgeschlossen werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Verordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf terrestrische Lebensraumtypen durch Flächenverluste ausgeschlossen werden können und auch die Erreichung der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach die Lebensraumtypen der Ausweisungsgrundlage auf biogeografischer Ebene einen günstigen Erhaltungszustand erreichen müssen.

#### Arten

Anlagen zum Bohren, Injizieren und Zwischenlagern können potenziell Arten der Ausweisungsgrundlage beeinträchtigen, sowohl direkt im Zusammenhang mit der Errichtung und Stilllegung von Anlagen als auch indirekt, wenn die Lebensräume der Arten beeinträchtigt werden. Darüber hinaus kann es während der Bau- und Stilllegungsphasen zu Beeinträchtigungen der Arten in Form von Störungen und Lärm kommen. Wie bei den Lebensraumtypen kann es auch durch CO<sub>2</sub>-Leckagen zu Auswirkungen kommen, wenn beispielsweise Pflanzenarten usw. der Ausweisungsgrundlage auf besondere kalkhaltige Bedingungen angewiesen sind. Allerdings wird es große Unterschiede in der Empfindlichkeit einzelner Arten gegenüber den genannten Störungen geben.

Standort, Art, Wahl der Baumethode und Jahreszeit für den Bau/Betrieb der konkreten Projekte sind nicht bekannt. Aufgrund dieser fehlenden Informationen kann eine erhebliche Auswirkung der Arten der Ausweisungsgrundlage nicht von vornherein ausgeschlossen werden.

Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte auf Land gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf die Arten ausgeschlossen werden können und die Erreichung der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach die Arten der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen.

#### Vögel

Vögel in Vogelschutzgebieten könnten direkt von Aktivitäten betroffen sein, die Vögel aus Gebieten vertreiben, die sie zum Brüten, Rasten und zur Futtersuche nutzen. Darüber hinaus können Bau- und Rückbauarbeiten zu einer optischen Verdrängung von Vögeln führen und die Errichtung von CO<sub>2</sub>-Anlagen kann brütende Vögel stören und im schlimmsten Fall die Nester zerstören.

Ob ein direkter Flächenverlust durch die Errichtung einer Anlage zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> eine erhebliche Auswirkung auf Vögel darstellt, hängt u. a. davon ab, wo sich die Anlage befindet und ob sie innerhalb oder in der Nähe von Vogelschutzgebieten platziert wird. Außerhalb der Vogelschutzgebiete wird davon ausgegangen, dass der Verlust des Lebensraums nur begrenzte Auswirkungen auf die Vögel hat, da das betroffene Gebiet nur eine begrenzte Ausdehnung hat und nach dem Rückbau der Anlage nur vorübergehender und umkehrbarer Natur ist. Innerhalb der Vogelschutzgebiete sind die Auswirkungen höher.

Die möglichen Verdrängungseffekte durch Störungen im Arbeitsbereich werden im Rahmen der Umsetzung der Durchführungsverordnung und der durch die Verordnung ermöglichten Aktivitäten auf kleinere Bereiche konzentriert. Vogelarten reagieren unterschiedlich auf Störungen und es gibt große Unterschiede hinsichtlich der Entferungen, auf die Vögel reagieren. Manche reagieren auf Störungen im Umkreis von wenigen hundert Metern, andere wiederum erst in mehreren Kilometern Entfernung. Daher wird das Ausmaß der Auswirkungen

durch die Verdrängung insbesondere davon abhängen, ob der Bau/Rückbau außerhalb oder innerhalb wichtiger Vogelschutzgebiete erfolgt und welche Vogelarten der Ausweisungsgrundlage betroffen sind.

Aufgrund der derzeitigen Ausgangslage und fehlender Kenntnisse über Baumethoden und Standorte für spätere konkrete Projekte können erhebliche Auswirkungen auf Vögel nicht ausgeschlossen werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf Vögel durch Flächenverlust und physische Störungen ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte die Erreichung der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach Vögel der Ausweisungsgrundlage auf biogeografischer Ebene einen günstigen Erhaltungszustand erreichen müssen.

#### 6.2.2.4.2 Auf See

Im folgenden Abschnitt wird geprüft, ob die Durchführungsverordnung zu erheblichen Auswirkungen auf Arten und Lebensraumtypen der Ausweisungsgrundlage für die marinen Natura-2000-Gebiete haben kann.

Die konkreten Aktivitäten, einschließlich ihres Standortes, ihrer Ausgestaltung und ihrer Art, sind nicht bekannt und können derzeit nicht bewertet werden, vgl. die Methodenbeschreibung im Abschnitt 6.2.2.2. Sie werden im Rahmen der Bewertung der konkreten Projekte bewertet und bearbeitet. Die Natura-2000-Bewertung gemäß der Durchführungsverordnung wird daher die durch die Verordnung ermöglichten Aktivitäten auf einer Ebene umfassen, die dem Detaillierungsgrad der Verordnung entspricht. Die Bewertungen erfolgen daher auf übergeordneter Ebene auf der Grundlage allgemeiner Überlegungen, da es an Kenntnissen über Baumethoden und Standorte für die nachfolgenden konkreten Projekte mangelt.

Im Rahmen der Bautätigkeiten zur Installation von festen Injektionsanlagen auf dem Meeresboden wird der Untergrund mittels Schall, der in den Meeresboden gesendet und von den Schichtgrenzen des Untergrunds reflektiert wird, kartiert und beschrieben (siehe Abschnitt 3.7.1.1 über die Methode). Zur unterirdischen Speicherung von CO<sub>2</sub> wird auf dem Meeresboden ein Bohrlochkopf errichtet, in den entweder über eine fest installierte Injektionsplattform oder ein fest verankertes Schiff oder eine Kombination davon CO<sub>2</sub> gepumpt werden kann. Der Transport des CO<sub>2</sub> erfolgt per Schiff. Zu den Auswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten potenziellen Aktivitäten auf die Ausweisungsgrundlage der Natura-2000-Gebiete können physische Störungen durch Unterwasserlärm, Sedimenteintrag und Sedimentverlust durch Bautätigkeiten gehören. Im Falle einer Freisetzung von CO<sub>2</sub> oder Bohrspülung an der Injektionsplattform könnte es auch zu potenziellen Auswirkungen auf die Meeresfauna und -flora kommen.

#### Lebensraumtypen

Die Durchführungsverordnung gilt für die gesamte dänische Meeresumwelt, d. h., Injektionsbrunnen dürfen grundsätzlich in Natura-2000-Gebieten in Gebieten mit Lebensraumtypen der Ausweisungsgrundlage errichtet werden, die zu einem Verlust der Lebensraumnatur und zu Auswirkungen durch Materialablagerungen führen können.

Ob der Verlust von Meeresbodenfläche erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen hat, hängt teilweise davon ab, wo die Anlage errichtet wird, ob sie sich innerhalb oder in der Nähe von Lebensraumtypen befindet und welche Lebensraumtypen betroffen sind. Aufgrund der derzeitigen Ausgangslage und fehlender Informationen über Baumethoden und Standorte für spätere konkrete Projekte können erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen nicht ausgeschlossen werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden können,

bei denen erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen durch den Verlust von Meeresbodenfläche ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte das Erreichen der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach die Lebensraumtypen der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen.

Aktivitäten innerhalb oder in der Nähe von Natura-2000-Gebieten können sich aufgrund von Sedimenteintrag negativ auf marine Lebensraumtypen und die in diesen Lebensraumtypen lebenden Arten auswirken.

Das Ausmaß der Auswirkungen hängt teilweise vom Grad der Ablagerungen ab, d. h., von der Dicke der abgelagerten Sedimentschicht. Darüber hinaus hängt das Ausmaß der Auswirkungen auch davon ab, welche marinen Lebensraumtypen betroffen sind, da die Empfindlichkeit der Lebensraumtypen gegenüber den Sedimentablagerungen unterschiedlich ist. Beispielsweise sind Sandbänke, Ästuarien, Watt und Buchten küstennahe Lebensraumtypen und die in diesen Lebensraumtypen lebenden Arten sind an die hochdynamische Umgebung angepasst, die oft starken Winden, Wellen und starken Wasserströmungen ausgesetzt ist. Dies hat einen natürlichen Sedimenttransport zur Folge.

Die marinen Lebensraumtypen Riffe und submarine durch Gasaustritte entstandene Strukturen und die Arten, die in diesen Lebensraumtypen leben, sind anfälliger als die Weichbodenfauna. Generell zeigen verschiedene Studien, dass Sedimentablagerungen auf sessiler Hartbodenfauna, die an Felsriffen und durch Gasaustritte entstandenen Strukturen vorkommt (darunter Arten von Moostierchen, Schwämmen, Weichkorallen und Seescheiden), negative Auswirkungen auf diese Arten in Form von verringertem Wachstum haben können (Moore, 1972; Slattery & Bockus, 1997; Eckman & Duggins, 1991).

Auch Makroalgen, die auf Felsriffen und durch Gasaustritte entstandenen Strukturen vorkommen, können durch Sedimentablagerungen negativ beeinflusst werden, da diese zu physchem Stress für die Makroalgen führen können. Dies liegt daran, dass Sedimente auf dem Thallus der Makroalgen die aktive Oberfläche verringern, auf der Photosynthese und Nährstoffaufnahme stattfinden (Lyngby & Mortensen, 1996). Dies kann zu einer Verringerung der Primärproduktion, des Wachstums und im schlimmsten Fall zum Tod führen (Aioldi, 2003). Die Sedimentation kann sich zudem auf die Rekrutierung neuer Makroalgen auswirken, da Sedimentablagerungen auf Felsriffen und durch Gasaustritte entstandenen Strukturen die Fähigkeit der Algensporen, sich anzuhften, verringern und das Wachstum junger Algen reduzieren (Devinny & Volse, 1978; Chapman & Fletcher, 2002; Eriksson & Johansson, 2005). Wie tolerant Makroalgen gegenüber Sedimentablagerungen sind, hängt von der Art, der Größe und Form der Vegetation sowie ihrer Fortpflanzungsstrategie ab. Hohe, aufrechte und robuste Formen können im Allgemeinen einer größeren Menge an Sediment standhalten als kleine, zerbrechliche Arten. Arten mit großer Speicherkapazität und hoher Wachstumsrate können Perioden ungünstiger Bedingungen besser ausgleichen. So sind beispielsweise Braunalgen wie Zuckertang, Gemeine Gabelzunge und Blasentang, die sich als große bis mittelgroße robuste Arten mit relativ großer Speicherkapazität auszeichnen, relativ tolerant gegenüber Sedimentablagerungen, während Rotalgen wie Blutroter Meerampfer relativ intolerant gegenüber Sedimentablagerungen sind, da es sich bei ihnen um mittelgroße Makroalgen mit fragiler Struktur und geringer Speicherkapazität handelt (Femern Sund og Bælt, 2013).

Ob Sedimentablagerungen erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen haben, hängt teilweise davon ab, wo die Ablagerung stattfindet, ob sie in der Nähe von Lebensraumtypen erfolgt und welche Arten von Lebensraumtypen von der Ablagerung betroffen sind. Aufgrund der derzeitigen Ausgangslage und fehlender Informationen über Baumethoden und Standorte für spätere konkrete Projekte können erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen nicht ausgeschlossen werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte gefunden werden

können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte das Erreichen der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach die Lebensraumtypen der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen.

#### Meeressäugetiere

Die Umweltauswirkungen durch den Schiffsverkehr im Zusammenhang mit Bautätigkeiten und -vorgängen sowie durch Unterwasserlärm durch Bohrungen werden begrenzt sein, da Bohrlärm und Schiffslärm nicht-impuls-haltige Lärmquellen sind und nicht so schädlich wie impulshaltige Lärmquellen sind. Sie führen daher vor allem zur Vertreibung von Meeressäugern in der Nähe der Baugebiete/Lärmquellen. Ebenso werden Sedimenteintrag, Lebensraumveränderungen und CO<sub>2</sub>-Freisetzung lokal begrenzt sein und während der Bauzeit nur begrenzte Auswirkungen haben. Daher wird davon ausgegangen, dass diese Auswirkungen keine erheblichen Auswirkungen auf Meeressäugetiere haben.

Seismische, geotechnische und geophysikalische Untersuchungen sowie Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung erzeugen impulsartigen Unterwasserlärm, der sich, wenn er nicht gedämpft wird, negativ auf Meeressäugetiere auswirken und zu AUD INJ, TTS und Verhaltensänderungen führen kann.

Die Auswirkungen des zunehmenden Schiffsverkehrs und der Bohrlochbohrungen werden voraussichtlich lokale und begrenzte Auswirkungen auf Schweinswale, Seehunde und Kegelrobben haben. Die seismischen und geophysikalischen Untersuchungen können möglicherweise über eine größere Entfernung zu AUD INJ-, TTS- und Verhaltensänderungen führen. Daher wird erwartet, dass im Zusammenhang mit den spezifischen durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bedingungen für einen „Soft-Start“/„Ramp-up“ sowie möglicherweise Bedingungen für die Lärmämpfung bei Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung festgelegt werden, falls dies erforderlich ist, und zwar im Einklang mit der bestehenden Praxis. Dadurch werden die Auswirkungen auf Schweinswale und Seehunde deutlich verringert. Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte in allen dänischen Gewässern. Wenn ein konkretes Projekt in einem Natura-2000-Gebiet umgesetzt wird, das für Schweinswale oder Seehunde wichtig ist, beispielsweise ein wichtiges Gebiet während der Aufzuchtzeit, können erhebliche negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden, insbesondere wenn es sich um gefährdete Arten/Populationen handelt. Die Erheblichkeit der Auswirkungen hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen sowie vom Zeitpunkt der Baumaßnahmen im Jahr ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt.

Der Rückbau der Anlagen und die Stilllegung des Injektionsrohrs könnten im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten zu einer Beeinträchtigung von Schweinswalen und Seehunden durch Unterwasserlärm rund um die bestehenden Anlagen führen. Der Lärm wird nicht impulshaltig sein und nicht in demselben Ausmaß Auswirkungen haben wie impulshaltige Lärmquellen. Die Rückbau- und Erdarbeiten werden in erster Linie zu Vertreibungen führen, sodass Fische und Schweinswale vorübergehend aus dem unmittelbaren Bereich vertrieben werden, in dem die Rückbauarbeiten stattfinden. Daher wird davon ausgegangen, dass der Rückbau der Anlagen weder erhebliche Auswirkungen auf Schweinswale und Seehunde haben wird, noch das Erreichen der Erhaltungsziele behindern wird, wonach Schweinswale und Seehunde der Ausweisungsgrundlage einen günstigen Erhaltungszustand auf biogeografischer Ebene erreichen müssen.

Es wird davon ausgegangen, dass es möglich sein wird, Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekte auf See zu finden, bei denen erhebliche Auswirkungen auf Schweinswale und Seehunde ausgeschlossen werden können, beispielsweise durch die Vermeidung von Aktivitäten während der Aufzuchtzeit oder durch die Vermeidung von Arbeiten in der Nähe der Aufzucht-

/Rastgebiete der Seehunde. Eine genauere Beurteilung ist jedoch erst nach Vorliegen des konkreten Projektvorschlags bzw. der konkreten Projektvorschläge möglich.

#### Fische

Die Umweltauswirkungen durch den Schiffsverkehr im Zusammenhang mit Bautätigkeiten und -vorgängen sowie durch Unterwasserlärm durch Bohrungen werden begrenzt sein, da Bohrlärm und Schiffslärm nicht-impuls-haltige Lärmquellen sind und nicht so schädlich wie impuls-haltige Lärmquellen sind. Sie werden in erster Linie zur Vertreibung von Fischen in der Nähe des Baugebiets/der Lärmquelle führen. Ebenso werden Lebensraum-veränderungen und CO<sub>2</sub>-Freisetzung lokal begrenzt sein und während der Bauzeit nur begrenzte Auswirkungen haben. Daher werden diese Auswirkungen als nur begrenzt eingeschätzt.

Im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Bautätigkeiten wird es zu einer Eintragung von Schwebstoffen in die Wassersäule und einer anschließenden Ablagerung auf dem Meeresboden kommen. Darüber hinaus kann es bei der Brunnenbohrung zu Leckagen der Bohrspülung kommen. Bei der Errichtung von Injektionsanlagen und physischen Bohrungen im Meeresboden ist mit dem Austreten von Sedimenten zu rechnen. Für Lachs, Meerneunauge, Flussneunauge, Ostseeschnäpel, Maifisch und Finte gilt, dass sie in Küstennähe bzw. in Flüssen vorkommen, da es sich bei allen um anadrome Fische handelt, die in Flüssen laichen und sich zwischen Süßwasser und Meer bewegen. Daher wird erwartet, dass sie an eine vorübergehende erhöhte Sedimentkonzentration in der Wassersäule angepasst sind und dagegen resistent sind. Außerdem sind Fische mobil und können wegschwimmen, wenn Sediment freigesetzt wird.

Der Sedimentaustritt durch die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten wird auf Grundlage von Studien zu anderen Projekten mit der Verlegung von Pipelines und Kabeln auf dem Meeresboden in der unmittelbaren Umgebung als sehr begrenzt eingeschätzt (z. B. (INEOS, 2022)). Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass erhebliche Auswirkungen auf den Ostseeschnäpel, den Lachs, die Finte sowie das Meer- und Flussneunauge durch Freisetzung von Sediment oder Bohrspülung ausgeschlossen werden können.

Unterwasserlärm durch seismische und geophysikalische Untersuchungen sowie Rammarbeiten für Brunnenverrohrungen können möglicherweise zu Beeinträchtigungen und Verhaltensänderungen bei Fischen führen. Daher wird erwartet, dass im Zusammenhang mit den spezifischen durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bedingungen für einen „Soft-Start“/„Ramp-up“ sowie möglicherweise Bedingungen für die Lärmdämpfung bei Rammarbeiten für die Brunnenverrohrung festgelegt werden, falls dies erforderlich ist, und zwar im Einklang mit der bestehenden Praxis. Dadurch werden die Auswirkungen auf die Fische erheblich verringert. Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte in allen dänischen Gewässern. Wird ein konkretes Projekt in einem für Fische wichtigen Natura-2000-Gebiet umgesetzt, können erhebliche negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden. Die Erheblichkeit der Auswirkungen hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen sowie vom Zeitpunkt der Baumaßnahmen im Jahr ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt.

Der Rückbau der Anlagen und die Stilllegung des Injektionsrohrs könnten im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten zu einer Beeinträchtigung von Fischen durch Unterwasserlärm rund um die bestehenden Anlagen führen. Der Lärm wird nicht impuls-haltig sein und nicht in demselben Ausmaß Auswirkungen haben wie impuls-haltige Lärmquellen. Die Rückbau- und Erdarbeiten werden in erster Linie zu Vertreibungen führen. Fische werden vorübergehend aus dem unmittelbaren Bereich vertrieben, in dem die Stilllegungsarbeiten stattfinden. Daher wird davon ausgegangen, dass eine erhebliche Beeinträchtigung der Fische beim Rückbau der Anlage ausgeschlossen werden kann.

Es wird davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekte auf See gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf Lachs, Meerneunauge, Flussneunauge, Ostseeschnäpel, Maifisch und Finte ausgeschlossen werden können und bei denen die Projekte die Erreichung der für die Arten erforderlichen Erhaltungsziele, um auf biogeografischer Ebene einen günstigen Erhaltungszustand zu erreichen, nicht behindern. Eine genauere Beurteilung ist jedoch erst nach Vorliegen des konkreten Projektvorschlags bzw. der konkreten Projektvorschläge möglich.

### Vögel

Vögel in den Vogelschutzgebieten sind nur dann von Aktivitäten im Rahmen der Durchführungsverordnung betroffen, wenn ihnen ihre Nahrungshabitate entzogen werden oder Nahrung oder Vögel aus den von ihnen genutzten Gebieten verdrängt werden.

Bautätigkeiten, einschließlich der Anwesenheit von Schiffen, im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten können möglicherweise zu einer optischen Verdrängung von Seevogelarten führen. Schiffe können auch ein potenzielles Kollisionsrisiko für rastende Vögel darstellen, darunter Zugvögel und Vögel, die lokale Zugbewegungen ausführen, beispielsweise zwischen verschiedenen Nahrungsgebieten.

Die möglichen Verdrängungseffekte durch Störungen im Arbeitsbereich werden im Rahmen der Umsetzung und der durch die Verordnung ermöglichten Aktivitäten auf kleinere Bereiche konzentriert. Auch die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit Schiffen muss als sehr gering eingeschätzt werden, da die Vögel voraussichtlich um die Schiffe herumfliegen, um eine Kollision zu vermeiden. Daher wird davon ausgegangen, dass die Anfälligkeit gegenüber physischen Störungen durch Schiffe gering und von geringer Intensität ist. Auswirkungen durch physische Verdrängung und Kollisionen mit Schiffen usw. werden daher als begrenzt eingeschätzt. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die potenziellen Auswirkungen der Schiffe auf die genannten Vogelarten vernachlässigbar sind, da voraussichtlich nur wenige Vögel durch die Verdrängung für einen kurzen Zeitraum in der unmittelbaren Umgebung beeinträchtigt werden und im Allgemeinen zu erwarten ist, dass sie nach Beendigung der Störung in das Gebiet zurückkehren. Daher wird davon ausgegangen, dass erhebliche Auswirkungen auf Vögel durch die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte ausgeschlossen werden können.

Schwebstoffe und Sedimentation haben nur dann erhebliche Auswirkungen, wenn die Nahrungsquellen der Vögel verschwinden. Somit lautet die Einschätzung, dass Schwebstoffe und Sedimentation nur vorübergehende Auswirkungen auf die Nahrungssuche der Vögel haben und nur auf jene Arten beschränkt sind, die sich von pelagischen Fischen ernähren und daher ihre Sehkraft zur Nahrungssuche nutzen. Die anderen Arten finden Nahrung am Boden oder nehmen sie von der Oberfläche auf und reagieren daher weniger sensibel auf gelöste Sedimente im Wasser. Die Arten, die pelagischen Fisch fressen, kommen von Natur aus in Gebieten mit sehr hohem Schwebstoffgehalt vor, beispielsweise entlang der Westküste Jütlands und an größeren Ästuaren im Wattenmeergebiet, und sind daher voraussichtlich relativ tolerant gegenüber Schwebstoffen. Darüber hinaus weisen die meisten dieser Arten eine geringe Populationsdichte auf und es ist davon auszugehen, dass die Arten eine vorübergehende lokale Verschlechterung der Nahrungsbedingungen durch die Migration in andere Gebiete ausgleichen können.

Werden die Injektionsbrunnen an oder in Küstennähe errichtet, kann dies küstennahe Brutvögel wie Möwen, Seeschwalben und Enten stören und im schlimmsten Fall die Nester zerstören. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekte auf See gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf Vögel ausgeschlossen werden

können und bei denen die Projekte auch die Erreichung der Erhaltungsziele nicht behindern, wonach Vögel der Ausweisungsgrundlage auf biogeografischer Ebene einen günstigen Erhaltungszustand erreichen müssen.

#### 6.2.2.5 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen

Unter kumulativen Effekten versteht man die Auswirkungen der aktuellen Projekte, die durch die Durchführungsverordnung zugelassen werden, in Verbindung mit den Auswirkungen anderer Pläne oder Projekte, die Auswirkungen auf marine und terrestrische Natura-2000-Gebiete haben können. Es muss daher geprüft werden, ob andere Aktivitäten, Projekte oder Pläne die Auswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte in einem solchen Ausmaß verstärken oder aufheben, dass die Auswirkungen insgesamt marine und terrestrische Natura-2000-Arten beeinträchtigen können.

Wie in der Anhang-IV-Prüfung erwähnt (Abschnitt 6.2.1.5) können sich angesichts der Entwicklung der Offshore-Windenergie in der Nordsee, im Kattegat und in der Ostsee potenzielle kumulative Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete ergeben. Mit der Errichtung von Offshore-Windparks sind geophysikalische und geotechnische Machbarkeitsstudien verbunden, die Unterwasserlärm verursachen können, der die Meeresumwelt beeinträchtigt. Je nach Bauweise kann es auch durch Rammarbeiten für Turbinenfundamente zu Unterwasserlärm kommen. Auch die Installation oder Inspektion von Unterseekabeln und -pipelines kann Unterwasserlärm verursachen, wenn bei der Inspektion Geräte zum Einsatz kommen, die Geräusche abgeben.

Unterwasserlärm durch Machbarkeitsstudien und/oder Rammarbeiten für Fundamente von Offshore-Windkraftanlagen sowie die Installation und Inspektion von Unterseekabeln und Pipelines kann in Kombination mit seismischen und geophysikalischen Untersuchungen im Zusammenhang mit Projekten im Rahmen dieser Durchführungsverordnung möglicherweise zu verstärkten Auswirkungen auf Arten der Ausweisungsgrundlage für Natura-2000-Gebiete führen, wenn die Projekte in der Nähe der Gebiete stattfinden. Solche Projekte müssen möglicherweise zeitlich und räumlich koordiniert werden.

Ebenso können kumulative Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete an Land auftreten, beispielsweise wenn die Errichtung technischer Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Speicherung in der Nähe anderer Hoch- und Tiefbauarbeiten mit ähnlichen Auswirkungen, wie etwa Lebensraumverlust und -verdrängung, erfolgt.

Eine Abschätzung kumulativer Effekte ist auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht möglich. Es ist nicht möglich, das genaue Ausmaß der kumulativen Auswirkungen auf strategischer Ebene zu beurteilen, da dies vom Standort der Infrastruktur zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> und der zeitlichen und räumlichen Verteilung anderer Pläne oder Projekte abhängt, die sich mit Projekten zur CO<sub>2</sub>-Speicherung im Rahmen der Durchführungsverordnung kumulieren können. Die kumulativen Auswirkungen müssen im Rahmen konkreter Projektvorschläge zur CO<sub>2</sub>-Speicherung bewertet werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

#### 6.2.2.1 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen

Es wird davon ausgegangen, dass über die in anderen Umweltgesetzen vorgeschriebene Überwachung hinaus kein Überwachungsbedarf besteht.

Es wird empfohlen, bei durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bautätigkeiten in terrestrischen Natura-2000-Gebieten mit ausgewiesenen gefährdeten Lebensräumen und wichtigen Brut- und Rastgebieten für Arten und Vögel zu vermeiden. Darüber hinaus wird empfohlen, dass bei den durch die

Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bautätigkeiten in marinen Natura-2000-Gebieten vermieden werden, in denen es ausgewiesene gefährdete Naturräume, wichtige Aufzuchtgebiete für Meeressäugetiere und Küstengebiete gibt, in denen an der Küste brütende wie Möwen, Seeschwalben und Enten vorkommen.

### **6.2.3 Nach § 3 geschützte Gebiete und Flüsse**

Bei nach § 3 geschützten Gebieten handelt es sich um geschützte Lebensraumtypen in Dänemark, die unter § 3 des dänischen Naturschutzgesetzes fallen. Die Änderungen der Durchführungsverordnung zur CO<sub>2</sub>-Speicherung ermöglichen Aktivitäten im Rahmen von CCS-Projekten an Land. Im Folgenden werden mögliche Auswirkungen auf nach § 3 geschützte Gebiete oder geschützte Lebensraumtypen im Zusammenhang mit den durch die Änderungen der Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten beschrieben und bewertet.

#### *6.2.3.1 Rechtsgrundlage und Umweltziele*

Das dänische Naturschutzgesetz zielt darauf ab, Dänemarks Natur und Umwelt zu schützen. § 3 des Gesetzes sieht einen besonderen Schutz vor Zustandsänderungen für eine Reihe von Lebensraumtypen vor, die als § 3-Gebiete oder geschützte Natur bezeichnet werden. Zu diesen Lebensraumtypen zählen Moore, Frischwiesen, Salzwiesen, Küstenmarschen sowie Grasland und Heiden, die einzeln oder in Kombination eine Fläche von mindestens 2.500 m<sup>2</sup> aufweisen. Darüber hinaus umfasst der Schutz Seen und Teiche mit einer Fläche von mindestens 100 m<sup>2</sup> sowie bestimmte Flüsse. Auch Moore, Wiesen, Heiden und Grasland sind geschützt, wenn sie kleiner als 2.500 m<sup>2</sup> sind und in Verbindung mit geschützten Flüssen oder Seen liegen. Wenn durch Projekte der Zustand der nach § 3 geschützten Lebensraumtypen potenziell vorübergehend oder dauerhaft geändert wird, muss bei der zuständigen Behörde (den Gemeinden) eine Ausnahmegenehmigung beantragt werden.

Die Zusammenhänge mit Flüssen werden in Abschnitt 2.3.1 behandelt.

#### *6.2.3.2 Methode und Datengrundlage*

Der Umweltbericht erläutert den Umweltzustand und die erwarteten Auswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten auf den Gesamtzustand der Lebensräume und der biologischen Vielfalt in Dänemark. Die Beschreibung des Umweltzustandes basiert auf dem derzeitigen Kenntnisstand.

#### *6.2.3.3 Aktuelle Bedingungen*

In Dänemark gibt es eine Reihe geschützter Lebensraumtypen gemäß § 3 des dänischen Naturschutzgesetzes, die sowohl weit im Landesinneren als auch zwischen Küstengewässern und Land liegen. Es gilt eine Gesamtbeschreibung der Lebensraumtypen gemäß § 3, die möglicherweise von Aktivitäten im Zusammenhang mit Änderungen der Durchführungsverordnung betroffen sein könnten.

##### Wiesen

Wiesen sind feuchte Naturgebiete, die häufig entlang von Bächen, Seen und in tiefer gelegenen Gebieten zu finden sind, in denen der Wasserstand schwanken kann. Sie zeichnen sich durch eine hohe Artenvielfalt aus und sind wichtige Lebensräume für viele Pflanzen- und Tierarten.

Wiesen werden häufig durch menschliche Aktivitäten wie Beweidung und Heuernte gepflegt, wodurch verhindert wird, dass sie von Bäumen und Sträuchern überwuchert werden. Wiesen beherbergen eine Vielzahl an Pflanzenarten, die an die feuchten Bedingungen angepasst sind. Zu den charakteristischsten Pflanzen auf Wiesen zählen die Bach-Nelkenwurz, die Wiesen-Platterbse, die Kuckucks-Lichtnelke, die Sumpfdotterblume, eine

mehrjährige Pflanze mit großen, gelben Blüten, die Drachenwurz, die oft auf feuchten Wiesen, aber auch in Mooren zu finden ist, und die Gelbe Schwertlilie.

Darüber hinaus sind Wiesen wichtige Lebensräume für viele Insektenarten, die auf die spezifischen Bedingungen der Wiesen angewiesen sind. Zu den charakteristischen Insekten auf Wiesen zählen u. a. die Blauflügel-Prachtlibelle und der Aurora Falter.

#### Moore

Moore sind eine Art Feuchtgebiet, das durch hohe Luftfeuchtigkeit und häufig stehendes Wasser gekennzeichnet ist. Es gibt eine Reihe verschiedener Moorarten, wobei das Pflanzenwachstum und die Feuchtigkeitsbedingungen ein Gebiet zu einem Moor machen und die Moore nach diesen Bedingungen benannt sind. So sind beispielsweise Schilfmoore und Erlenmoor nach der vorherrschenden Art benannt, während Hochmoore, die ausschließlich durch Niederschläge mit Wasser versorgt werden, sowie Niedermoore und Flachmoore, die durch Grundwasser mit Wasser versorgt werden, ihre Namen aufgrund der Feuchtigkeitsbedingungen haben. Moore kommen typischerweise in Gebieten vor, in denen sich Wasser sammelt und eine feuchte Umgebung schafft. Sie sind wichtige Ökosysteme, die eine große Vielfalt an Pflanzen- und Tierarten beherbergen und ideal für viele spezialisierte Arten sind. Zu den charakteristischsten Pflanzen in Mooren gehört Torfmoos, das durch die Aufnahme und Speicherung von Wasser eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung der Luftfeuchtigkeit spielt. Darüber hinaus gibt es Wollgräser und Moosbeeren, niedrig wachsende Pflanzen, die im sauren und feuchten Klima von Mooren gedeihen. Zu den wichtigen Insekten, die auf die Bedingungen und Pflanzen im Moor angewiesen sind, zählen die Große Moosjungfer und die Sumpfschrecke.

#### Heiden

Heiden sind offene Landschaften, die von Heidekraut und anderen Zergsträuchern dominiert werden. Sie liegen häufig auf sandigen und nährstoffarmen Böden und zeichnen sich durch eine dominierende niedrige Vegetation wie Zergsträucher, Heidekraut und Krähenbeere und eine offene Landschaft aus. Heide kann in mehrere Kategorien unterteilt werden, je nachdem, wie trocken oder feucht das Gebiet ist. Die Feuchtigkeit im Boden entscheidet darüber, welche Pflanzen gedeihen. In einer feuchten Heide dominieren daher Glockenheide und Rauschbeere oder Gagelstrauch und Blaues Pfeifengras. In trockeneren Heidegebieten dominiert Heidekraut, aber auch viele andere Zergsträucher sind häufig zu finden, wie etwa Krähenbeere, Echte Bärentraube und Preiselbeere. Es gibt außerdem eine Reihe von krautigen Pflanzen in der Heide. Zu den häufigsten Arten zählen die Drahtschmiele, das Blaue Pfeifengras, die Blutwurz, die Braun-Segge, die Rasenbinse und das Weiße Straußgras. Zu den selteneren Arten zählen die Arnika, das Gefleckte Knabenkraut, die Frühlings-Kuhsschelle und Bär-lappe. Sie sind selten, weil die geeigneten Lebensräume verschwunden sind. Heiden sind wichtige Lebensräume für eine Reihe spezialisierter Arten, darunter viele Insekten wie den Heideblattkäfer, Vögel (Feldlerche usw.) und Reptilien wie die Kreuzotter. Heiden haben darüber hinaus einen großen kulturellen und historischen Wert, da sie seit Jahrhunderten als Weideland und zum Torfabbau genutzt werden.

#### Grasland

Offene Grasflächen, die typischerweise auf trockenen und nährstoffarmen Böden, auch in Küstennähe, zu finden sind. Der Lebensraumtyp ist heute vielerorts von seiner Bewirtschaftung abhängig, d. h., der Lebensraumtyp ist auf die Beweidung durch Rinder, Pferde oder Schafe angewiesen, um eine Überwucherung mit hohen Pflanzen und Bäumen zu vermeiden. Grasland zeichnet sich durch eine große Artenvielfalt mit vielen verschiedenen Pflanzenarten aus, darunter Gräser, krautige Pflanzen und Blumen, und ist oft die Heimat seltener und stark gefährdeter Arten. Die meisten Pflanzen auf dem überwucherten Grasland sind mehrjährig, manche haben das ganze Jahr über Blätter. Dies gilt beispielsweise für die Gräser Echter Schaf-Schwingel, Rotes Straußgras und

Gewöhnliches Knäuelgras. Andere verdorren im Sommer, wenn es trocken ist, und überleben durch ihre Knollen im Boden, wie z. B. der Knollige Hahnenfuß und der Knöllchen-Steinbrech.

Manche Pflanzen benötigen mehrere Jahre Wachstum, bevor sie die Kraft zum Blühen haben. Dies gilt für die Golddistel und einige Enzian-Arten. Andere Pflanzen des Lebensraumtyps Grasland sind die Acker-Witwenblume, ein mehrjähriges Kraut mit blauen Blüten, die viele Insekten anziehen, die Wilde Möhre, die oft in nährstoffarmem Grasland zu finden ist, und das Kleine Habichtskraut, eine niedrig wachsende Pflanze, die auf trockenen und sandigen Böden wächst.

Zu den einjährigen Pflanzen zählen beispielsweise das Sand-Hornkraut, die Frühe Haferschmiele, das Hügel-Vergissmeinnicht, der Kleine Klappertopf und Augentrost-Arten. In Grasland kommen viele verschiedene Tiergruppen vor. Allen gemeinsam ist, dass sie an ein Leben an Land ohne direkten Kontakt mit Wasser angepasst sind, wobei viele Tiere auf Süßwasser in der näheren Umgebung angewiesen sind.

### Salzwiesen

Salzwiesen sind Küstengraslandschaften entlang geschützter Küsten von Fjorden und flachen Meeresgebieten, die regelmäßig von Salzwasser überflutet werden. Sie zeichnen sich durch eine hohe Salztoleranz und eine abwechslungsreiche Vegetation aus, die sowohl Gräser als auch salztolerante krautige Pflanzen umfasst. Salzwiesen dienen häufig als Pufferzonen gegen Erosion und Sturmfluten und können für den Küstenschutz wichtig sein. Salzwiesen sind oft in Zonen unterteilt, die entstehen, wenn die Flut über die Wiesen spült. So entstehen die verschiedenen Vegetationszonen. Am unteren Rand der Strandwiese, in der feuchten und salzigen Zone, wird der Pflanzenbestand von einer oder mehreren salztoleranten Pflanzenarten dominiert, wie Queller, Schlickgras, Andel, Strand-Aster, Strandwegerich, Erdbeer-Klee, Strand-Grasnelke usw. Etwas weiter oben auf der Strandwiese, wo es nicht so salzig ist, findet man u. a. die Bodden-Binse und den Strand-Dreizack. Am oberen Rand der Salzwiese, kurz vor dem Küstengrasland, wachsen der Erdbeer-Klee und der Gewöhnliche Rot-Schwingel. Das Küstengrasland beginnt dort, wo im Winter die Hochwasserlinie ist. Das Küstengrasland ist salzhaltig, daher wachsen dort Pflanzen, die etwas Salz vertragen. Es können auch Strauch- und Baumgruppen vorhanden sein. Die Vegetation des Küstengraslands ist der der Graslandschaften im Landesinneren recht ähnlich. In Küstengrasland dominieren große Sumpfpflanzen wie Schilfrohr, Gewöhnliche Strandsimse und Salz-Teichbinse. Salzwiesen bieten zahlreiche wichtige und vielfältige Lebensräume für viele Brut-, Zug- und Überwinterungsvogelarten, die sie als Brut- und Rastgebiet nutzen. Im vegetationsfreien Schlick-, Sand- und Mischwatt gibt es viele Kleintiere, die von einigen Watvögeln und Möwen gerne gefressen werden. Die Vögel kommen manchmal in Schwärmen von mehreren Tausend Exemplaren vor. Pflanzenfressende Vögel wie Gänse und Enten suchen auf der vegetationsbedeckten Salzwiese nach Nahrung. Die dänischen Salzwiesen sind sehr wichtige Nahrungsgebiete, u. a. für die Hellbäuchige Ringelgans und die Dunkelbäuchige Ringelgans, die Pfeifente, den Strandläufer und die Pfuhlschnepfe. Die Strandwiesen sind außerdem ein Lebensraum für Reste der dänischen Brutpopulationen des Alpenstrandläufers, des Kampfläufers und der Uferschnepfe, allesamt Arten, deren Bestände stark zurückgegangen sind. Die Kreuzkröte lebt ebenfalls in Salzwiesen. Voraussetzung für die Kreuzkröte ist, dass ihr Laichgewässer im Sommer austrocknet.

### Seen und Teiche

Zu diesem Schutzgebiet gehören Seen und Teiche, die offene Wasserflächen darstellen, sowie die angrenzenden Feuchtgebiete mit Wasser- und Sumpfpflanzen. In der Übergangszone zwischen Land und Wasser wachsen Sumpfpflanzen. Diese wachsen in den feuchten Gebieten an Land in Ufernähe, wo der Grundwasserspiegel hoch ist, und breiten sich im See aus. In nährstoffreichen Seen wird die Übergangszone von hochwachsenden Sumpfpflanzen wie Schilfrohr, Rohrglanzgras, Igelkolben, Rohrkolben und Gelber Schwertlilie dominiert. In nährstoffarmen Seen hingegen wird die Übergangszone von niedriger und verstreuter Vegetation dominiert. Weiter im

Inneren des See, hinter dem Schilfsumpf, wachsen Schwimmblattpflanzen. Hierzu zählen Arten wie Gelbe und Weiße Seerosen, Schwimmendes Laichkraut und Wasser-Knöterich. Sie alle sind im Seeboden verwurzelt. Es gibt auch frei schwimmende Schwimmblattpflanzen, darunter verschiedene Arten von Wasserlinsen, Froschbiss und die selteneren Krebsschere. Schließlich gibt es noch die Unterwasserpflanzen, die auf dem Grund von Seen wachsen und bis in eine Tiefe von 5 bis 7 m wachsen können. Die meisten Pflanzen strecken ihre Blüten bis an die Wasseroberfläche, damit sie vom Wind oder von Insekten bestäubt werden können. Dies ist beim Gewöhnlichen Wasserhahnenfuß, Tausendblatt und den vielen Laichkräuter-Arten der Fall. Zu den selteneren Pflanzen zählen die Bodentriebpflanzen Wasser-Lobelie und Brachsenkraut. Sie sind selten, da sie nur in nährstoffarmen, klaren Seen wachsen und es nicht viele von ihnen gibt. Auf dem Grund und an den Ufern von Seen leben viele kleine Tiere. Dabei handelt es sich um Insekten, die einen Teil ihres Lebens im Süßwasser verbringen, z. B. Libellenarten, Köcherfliegen, Eintagsfliegen und Steinfliegen. Zu finden sind auch Schnecken, Flohkrebse und Muscheln. Im Wasser leben verschiedene Fischarten. In dänischen Seen gibt es etwa 30 verschiedene Fischarten. Auch Kröten leben in Teichen und deren Umgebung. Alle Amphibien sind zum Laichen auf Wasser angewiesen.

Die Erdkröte ist die am weitesten verbreitete Amphibienart und kommt sowohl in größeren Seen als auch in kleineren Teichen vor. Da Kaulquappen giftig sind, können gewöhnliche Erdkröten mit Fischen zusammenleben. Der Grasfrosch und der Moorfrosch kommen am häufigsten in kleineren Teichen und Seen mit dichter Sumpfvegetation vor, wo die Kaulquappen Schutz vor den Fischen suchen können. Der Teichmolch ist in kleinen, oft zugewachsenen Teichen zu finden. Außerhalb der Laichzeit findet man sie an Land in der Nähe von Teichen.

#### 6.2.3.4 Bewertung von Umweltauswirkungen

Durch die Änderung der Durchführungsverordnung werden Pilot- und Demonstrationsprojekte an Land ermöglicht, während dies nach der vorherigen Durchführungsverordnung nur in Teilen der Nordsee zulässig war. Eine Anlage zur geologischen Speicherung könnte sich daher grundsätzlich innerhalb oder neben Schutzgebieten an Land befinden.

Durch die im Rahmen der Durchführungsverordnung umgesetzten Projekte können Naturschutzgebiete in Form der Errichtung technischer Anlagen, des Austretens von CO<sub>2</sub> und des Rückbaus der Anlagen nach der Nutzung beeinträchtigt werden. Die Erheblichkeit der Auswirkungen wird im Folgenden bewertet.

##### Technische Anlagen

Technische Anlagen, darunter Bohr-, Injektions- und Zwischenlageranlagen, können durch direkte Landnutzung geschützte Naturgebiete an Land beeinträchtigen, wenn sie sich innerhalb geschützter Gebiete befinden. Die geschützten Naturgebiete, Wälder und Flächen, die als Lebensraum für gefährdete und stark gefährdete Arten dienen können, sind sehr anfällig, da sie im Falle eines Lebensraumverlusts nicht sofort wiederhergestellt oder ersetzt werden können. Die Errichtung technischer Anlagen könnte also möglicherweise zur Folge haben, dass Naturgebiete und Lebensräume zerstört oder ihr Zustand verändert werden. Die Auswirkungen und Folgen für die geschützte Natur und die Lebensräume gefährdeter und seltener Tier- und Pflanzenarten durch die Errichtung technischer Anlagen in geschützter Natur werden in diesen Fällen möglicherweise erheblich sein.

Generell wird davon ausgegangen, dass gute Möglichkeiten bestehen, Flächen für die Installation technischer Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Speicherung außerhalb geschützter Naturgebiete auszuweisen, sodass die Auswirkungen auf die Schutzgebiete reduziert oder ganz vermieden werden. Die Auswirkungen auf Naturschutzgebiete werden insgesamt als potenziell negativ eingeschätzt, die Erheblichkeit hängt jedoch von der Lage, Art und Gestaltung der einzelnen Anlagen in den konkreten Projekten ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt.

### CO<sub>2</sub>-Freisetzung

Durch das Austreten von CO<sub>2</sub> aus der Injektionsstelle und die Versauerung der örtlichen Bedingungen können sich die Lebensbedingungen ändern und geschützte Lebensräume beeinträchtigt werden, die auf kalkhaltigen Böden angewiesen sind, wie etwa kalkhaltige Graslandschaften, kalkreiche Niedermoore und Seen usw., und die auch Lebensraum für eine Reihe gefährdeter Arten sind, die an kalkhaltige Bedingungen angepasst sind. Das größte Leckagerisiko wird in der unmittelbaren Umgebung des Bohrlochs eingeschätzt, das durch das Barrierestein verläuft. Es wird erwartet, dass das Risiko eines Austritts ein Schwerpunktbereich sein wird und dass mit Hilfe bekannter Methoden verschiedene Maßnahmen ergriffen werden können, um ein Austreten zu stoppen, wenn dieses entlang des Bohrlochs festgestellt wird. Allerdings wird die Wahrscheinlichkeit einer Leckage als sehr gering eingeschätzt (GEUS, 2023).

Es wird davon ausgegangen, dass die räumliche Verteilung des CO<sub>2</sub>-Austritts auf den lokalen Bereich um die Injektionsbohrung beschränkt sein wird und dass die Dauer nur vorübergehend sein wird. Die Erheblichkeit hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen in den jeweiligen Projekten ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt. Allerdings wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass die wahrscheinlichen Auswirkungen eines CO<sub>2</sub>-Austritts auf Naturschutzgebiete an Land negativ und vernachlässigbar bis mäßig, jedoch nicht erheblich sein werden.

### Stilllegung der Anlagen

Der Rückbau der Anlagen und die Stilllegung des Injektionsrohrs könnten im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten möglicherweise Auswirkungen auf die Naturschutzgebiete und darin lebende gefährdete Arten im Umfeld der bestehenden Anlagen haben. Nach dem Rückbau der technischen Anlagen können die Flächen voraussichtlich relativ schnell wieder in den Zustand vor der Stilllegung zurückversetzt werden.

Das Ausmaß der Auswirkungen wird während des Rückbaus hoch sein, jedoch zeitlich und räumlich begrenzt, und die Gesamtauswirkungen werden vernachlässigbar bis mäßig, aber nicht erheblich sein.

#### **6.2.3.5 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen**

Die Auswirkungen tragen zu kumulativen Auswirkungen bei, da sich diverse gesellschaftliche Aktivitäten auf die dänische Biodiversität und Natur in Dänemark auswirken, darunter die Errichtung technischer Anlagen und Infrastruktur. Das genaue Ausmaß der kumulativen Auswirkungen lässt sich auf strategischer Ebene nicht beurteilen, da es vom Standort der Pilot- und Demonstrationsprojekte abhängt.

#### **6.2.3.6 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen**

Es wird davon ausgegangen, dass über die in anderen Umweltgesetzen vorgeschriebene Überwachung hinaus kein Überwachungsbedarf besteht. Es wird empfohlen, bei den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Bautätigkeiten in nach § 3 geschützten Gebieten zu vermeiden.

#### **6.2.4 Sonstige Natur**

Im Folgenden wird beschrieben, ob Änderungen der Durchführungsverordnung Auswirkungen auf geschützte und auf der Roten Liste stehende Arten sowie auf die marine Biodiversität haben können, die nicht unter die Anhang-IV-Arten und Natura 2000 fallen.

#### 6.2.4.1 Rechtsgrundlage und Umweltauswirkungen

Zusätzlich zu den Arten, die gemäß Anhang IV der FFH-Richtlinie (Abschnitt 6.2.1) streng geschützt sind, gibt es viele weitere Arten, die indirekt über den Schutz ihrer Lebensräume geschützt werden, wobei ein großer Teil des Artenschutzes über das dänische Naturschutzgesetz gewährleistet ist (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024). Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Arten, die gemäß der Artenschutzverordnung geschützt sind<sup>19</sup>, weil sie vom Aussterben bedroht sind. Geschützte Tiere und Pflanzen dürfen nicht gesammelt oder getötet werden und geschützte Pflanzen dürfen nicht ohne vorherige Genehmigung der zuständigen Behörde von ihrem Standort verbracht werden. Die dänische Rote Liste ist eine umfassende Liste dänischer Pflanzen- und Tierarten, die gemäß den Richtlinien der International Union for Conservation of Nature (IUCN) auf die Rote Liste gesetzt wurden. Bei der Bewertung für die Rote Liste wird das Risiko des Aussterbens von Pflanzen- und Tierarten beurteilt. Die Rote Liste wurde zuletzt im Jahr 2023 aktualisiert und spiegelt die Entwicklung der in der Roten Liste bewerteten Arten wider. Die Tatsache, dass eine Art auf der Roten Liste steht, bedeutet nicht, dass sie einem besonderen Schutz unterliegt, sondern dass bei der Planung auch Arten berücksichtigt werden sollten, die als potenziell gefährdet (NT), gefährdet (VU), stark gefährdet (EN), vom Aussterben bedroht (CR) oder ausgestorben (RE) eingestuft sind.

#### 6.2.4.2 Methode

Der Umweltbericht erläutert den Umweltzustand und die erwarteten Auswirkungen auf den Zustand der verbleibenden marinen und terrestrischen Biodiversität in den Gebieten infolge der möglichen Aktivitäten, die durch die Durchführungsverordnung ermöglicht werden. Die Beschreibung des Umweltzustands basiert auf dem vorhandenen Gesamtwissen, basierend auf verfügbaren wissenschaftlichen Quellen, Berichten und Erkenntnissen aus anderen ähnlichen Umweltprüfungen.

#### 6.2.4.3 Aktuelle Bedingungen

##### 6.2.4.3.1 An Land

An Land gibt es Lebensräume für eine Reihe geschützter und auf der Roten Liste stehender Tier- und Pflanzenarten. Die Dichte geschützter und auf der Roten Liste stehender Arten ist in größeren, zusammenhängenden Naturgebieten entlang von Küsten und Flüssen sowie in Wäldern, Mooren, Wiesen, Heiden und Grasland vermutlich am höchsten.

Die dänische Rote Liste ist eine umfassende Liste dänischer Pflanzen- und Tierarten, die gemäß den Richtlinien der International Union for Conservation of Nature (IUCN) auf die Rote Liste gesetzt wurden. Zu den Artengruppen der dänischen Roten Liste gehören Pflanzen, Pilze, Wirbeltiere, Weichtiere und Würmer, Käfer, andere Arthropoden und Wasserarthropoden (Moeslund, et al., Den danske Rødliste, 2023). Bei der Bewertung für die Rote Liste wird das Risiko des Aussterbens von Pflanzen- und Tierarten beurteilt. Um einen Überblick zu schaffen und Vergleiche zu ermöglichen, werden alle geprüften Arten in die dänische Rote Liste aufgenommen, auch wenn sie nicht gefährdet sind. Die Rote Liste wurde zuletzt im Jahr 2023 aktualisiert und spiegelt die Entwicklung der in der Roten Liste bewerteten Arten wider. Die Tatsache, dass eine Art auf der Roten Liste steht, bedeutet nicht, dass sie einem besonderen Schutz unterliegt, sondern dass bei der Planung auch Arten berücksichtigt werden sollten, die als potenziell gefährdet (NT), gefährdet (VU), stark gefährdet (EN), vom Aussterben bedroht

---

<sup>19</sup> Durchführungsverordnung Nr. 521 vom 25.03.21, Verordnung zur Erhaltung bestimmter Tier- und Pflanzenarten und zur Pflege verletzter Wildtiere, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2021/521>

(CR) oder ausgestorben (RE) eingestuft sind. In Dänemark gibt es etwa 36.000 Pflanzen-, Pilz- und Tierarten, von denen 4.439 Arten auf der Roten Liste stehen (Miljøstyrelsen, 2023).

#### 6.2.4.3.2 Auf See

In diesem Abschnitt umfasst der Umweltzustand eine Gesamtüberprüfung der marinen Natur, einschließlich der Meeresbodenflora und -fauna, der Fische, der Vögel (Anhang I und Zugvögel) und der auf der Roten Liste aufgeführten Arten. Alle drei der zahlreichsten Meeressäuger Dänemarks, Seehund, Kegelrobbe und Schweinswal, sind entweder eine Anhang-IV-Art (Schweinswal) oder von der Ausweisungsgrundlage für mehrere der marinen Natura-2000-Gebiete enthalten. Eine Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen auf Schweinswale ist in Abschnitt 6.2.1.4.2 zu finden. Eine Beschreibung sowie Auswirkungen auf Seehunde und Kegelrobben sind in Abschnitt 6.2.1.4.2 beschrieben.

##### Bodenflora und -fauna

Der Meeresboden beherbergt eine vielfältige Flora und Fauna. Die Zusammensetzung und die Tierwelt des Meeresbodens variieren je nach Faktoren wie Wassertiefe, Bodenbeschaffenheit und Strömungsverhältnissen. Zur Flora gehören verschiedene Algen und Pflanzen, die Licht zur Photosynthese benötigen und daher vor allem in den flachen Küstenbereichen zu finden sind. Wurzelnde Meerespflanzen wie das Seegras (*Zostera marina*) sind ein wichtiger Bestandteil der Küstenökosysteme. Seegras hat Wurzeln, die es im Sediment verankert, und lange Blätter, die sich bis zur Wasseroberfläche erstrecken. Seegras benötigt zum Wachsen viel Sonnenlicht und kommt daher in dänischen offenen Meeresgebieten normalerweise nur in einer Tiefe von etwa 5 bis 6 m und in dänischen Fjorden in einer Tiefe von etwa 3 m vor. Seegraswiesen beherbergen eine reiche Tierwelt, darunter Krabben, Schnecken, Muscheln und Fische, und dienen auch als wichtige Aufzuchtstätte für Fischlaich. Seegras spielt eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung des Meeresbodens und dient als natürlicher Küstenschutz.

In der dänischen Meeresumwelt gibt es mehr als 400 Arten von Makroalgen. Makroalgen lassen sich anhand ihrer Pigmente in drei Hauptgruppen unterteilen: Grünalgen (Chlorophyta), Braunalgen (Phaeophyceae) und Rotalgen (Rhodophyta). Makroalgen leben hauptsächlich auf harten Böden (Bereiche mit Steinen > 10 cm) oder anderen harten Oberflächen. Lose wachsende Makroalgen wie beispielsweise die invasive Art Japanischer Bierrentang (*Sargassum muticum*) schwimmen frei im Wasser oder liegen auf dem Boden und können große Algenmatten bilden. Makroalgen benötigen weniger Licht als Seegras und können je nach Lichtverhältnissen und Wasserklarheit in unterschiedlichen Tiefen wachsen. Im Allgemeinen wachsen die meisten Makroalgen in Gebieten, in denen das Sonnenlicht bis zu einer Tiefe von etwa 20 m eindringen kann. Makroalgen spielen eine wichtige ökologische Rolle in Küstenökosystemen und sind wichtig für die biologische Vielfalt. Große Kelpwälder in der Nähe von Gebieten mit hartem Boden, wie etwa felsigen Riffen, sind wichtige Lebensräume, Laich- und Rückzugsgebiete für viele Fischarten. Zudem leben auf der Oberfläche der Makroalgen unzählige Krebstiere, Pilze und Bakterien.

Das Tierleben auf dem Meeresboden lässt sich grob in die Gruppen Epifauna und Infauna unterteilen. Zur Epifauna gehören die sessilen und kriechenden Organismen, die auf dem Meeresboden leben. Das sind etwa Tiere wie Muscheln, Seesterne und Krebstiere, die sich auf der Oberfläche von Felsen, Muscheln und Sedimenten fortbewegen. Bestimmte sessile Organismen wie Muscheln und Seescheiden (Asciidae) können sich auch an künstlichen Strukturen wie den Fundamenten von Offshore-Windkraftanlagen und Brückenpfeilern festsetzen und dort Kolonien bilden. Die Epifauna ist für marine Ökosysteme von entscheidender Bedeutung, da sie das Wasser filtert und Lebensräume für andere Arten schafft. Sie dient zudem vielen Fischen und Meeressäugern als Nahrung.

Epifauna kommt häufig auf harten Böden wie Riffen und Felsen vor, kann aber je nach Anpassung der Art auch in weicheren Sedimenten vorkommen.

Als Infauna, auch Weichbodenfauna genannt, werden wirbellose Tiere mit einer Größe von über 1 mm bezeichnet, die auf der Oberfläche von Lehm-, Schlamm- oder Sandböden oder im Sediment vergraben leben. Die Infauna besteht typischerweise aus kleinen Organismen, darunter einige Weichtiere, Würmer und Krebstiere. Die Infauna spielt in marinen Ökosystemen eine wichtige Rolle, da sie beim Abbau organischer Stoffe und beim Stoffwechsel von Nährstoffen hilft. Darüber hinaus bildet sie die Nahrungsgrundlage für viele größere Tiere wie Fische und Seevögel und trägt so zur Aufrechterhaltung des ökologischen Gleichgewichts in marinen Nahrungsnetzen bei. Die Weichbodenfauna lässt sich anhand der Größe der Tiere in Mikro-, Meso- und Makroinfauna unterteilen. Beispiele für Makroinfauna sind Nereiden und Muscheln, die sich in das Sediment eingraben, um Schutz vor Raubtieren zu suchen und Nahrung zu finden. Unter Mikrofauna versteht man kleine, oft mikroskopisch kleine Tiere. Diese Organismen sind typischerweise kleiner als 0,1 mm und umfassen eine Vielzahl von Arten, darunter Protozoen, kleine Fadenwürmer, kleine Arthropoden und andere mikroskopisch kleine Eukaryoten. Mesofauna sind kleine benthische Wirbellose, die typischerweise zwischen 30 und 1000–2000 Mikrometer groß sind. Zur Mesofauna gehören zahlreiche Arten, darunter Fadenwürmer, Ruderfußkrebse, Räderterchen, Bärtierchen und Muschelkrebse. Diese Organismen spielen eine wichtige Rolle beim Abbau organischer Stoffe und im Nährstoffkreislauf.

Die Zusammensetzung der Weichbodenfauna wird häufig als Indikator für den Umweltzustand und die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten wie Fischerei, Umweltverschmutzung und Entwicklung der Meeresinfrastruktur verwendet, da diese auf Veränderungen in ihrer Umwelt reagieren.

#### Fische und Fischarten auf der dänischen Roten Liste

Die dänischen Gewässer umfassen eine große Anzahl von Lebensräumen für Fische, von den tiefseeähnlichen Teilen des Skagerrak bis zu den fast süßen inneren dänischen Gewässern und dem südwestlichen Teil der Ostsee. Die dänische Salzwasserfischfauna ist an diese große Vielfalt angepasst und besteht daher aus vielen Arten (ungefähr 200 Salzwasserfische und eine Reihe von Süßwasserfischen). Fische haben unterschiedliche Lebensweisen und können grundsätzlich danach klassifiziert werden, ob sie im offenen Meer in der Wassersäule (pelagische Fischarten) oder nahe am oder am Meeresboden leben (demersale Fischarten). Zu den pelagischen Fischarten in dänischen Gewässern zählen Arten wie Hering und Sprotte sowie typische saisonale Wanderfische wie Makrele und Hornhecht in den Frühlings- und Sommermonaten. Die Zahl der demersalen Fischarten ist jedoch wesentlich höher und kann je nach ihren Vorlieben in Bezug auf Wassertiefen und bestimmte Bodensubstrattypen (Habitate) weiter unterteilt werden. Der Meeresboden lässt sich in verschiedene übergeordnete Habitate für Fische unterteilen: Weicher Boden (Sand/Feinsand/Schlick), Mischboden („Mosaikboden“ mit einer Mischung aus Sand, Kies und kleineren Steinen) und felsige Riffe mit für sessile Makroalgen und Hartbodentiere geeigneten Felsen, die den Fischen Versteck- und Nahrungsmöglichkeiten bieten, sowie Seegrasflächen in den flachen Bereichen, die für zahlreiche Fischarten wichtige Aufzuchtshabitate sein können. Darüber hinaus gibt es viele Fischarten, die üblicherweise zwischen Laich- und Futterplätzen hin- und herwandern, wie beispielsweise Hering und Dorsch (Atlantischer Kabeljau und Schellfisch usw.), sowie einige Arten, die während verschiedener Lebensstadien und zum Laichen zwischen Süßwasser und Meer hin- und herwandern, wie beispielsweise Meerforelle, Lachs und Aal.

Weichbodenhabitare sind in dänischen Gewässern überall zu finden, von der Küste bis in große Wassertiefen. Weicherbodengebiete mit Sand können in den flacheren Bereichen auch durch Seegraswiesen unterbrochen werden, wenn die Bedingungen es zulassen. In den flachen Weichbodenhabitaten kommen schätzungsweise zahlreiche demersale Fischarten vor, wie etwa die Grundel (Sand- und Strandgrundel), der Tobiasfisch und nicht

zuletzt Laich verschiedener Plattfische wie Flunder, Scholle, Kliesche usw. In größeren Wassertiefen leben vor allem Fischarten, die sich in den Sandboden eingraben können, darunter auch die meisten Plattfischarten.

Der Begriff Mischboden wird für Bereiche verwendet, in denen weicher Boden (Sand/feiner Sand), Kies, Muscheln und kleinere Steine miteinander vermischt sind. Dieser Lebensraumtyp weist eine hohe Artenvielfalt sowohl der benthischen Flora und Fauna als auch der Fischarten auf.

Es gibt also sowohl Fischarten, die harte Böden bevorzugen, als auch Fischarten, die eher auf sandigen und weichen Böden vorkommen. Am Mischboden kommen viele Arten von Grundeln, Aalmuttern, Kabeljau und Kabeljaulaich, Seeskorpion-Arten und Plattfisch-Arten vor. In Bereichen mit mehr kleineren Steinen leben außerdem die Zweifleckengrundel, der Atlantische Butterfisch usw. In Bereichen mit grobem Sand und Kies kann zudem der Steinbutt häufig zu beobachten sein. Andere Arten kommen nur zeitweise, entweder zu bestimmten Tageszeiten oder in bestimmten Jahreszeiten, auf Mischböden vor und nutzen den Lebensraum zur Nahrungssuche, als Laichplatz oder Versteck (Meerforelle, Hornhecht, Wittling und Kabeljau).

Hartbodengebiete (Felsriffe) sind oft in Gebieten mit besonders starker Strömung oder Exposition zu finden, wo die Ablagerung von feinkörnigem Material begrenzt ist. Die abwechslungsreichen Bodenverhältnisse bieten den Fischen Möglichkeiten zur Nahrungssuche und zum Verstecken. Der Fischbestand lässt sich in Arten unterteilen, die hier mehr oder weniger permanent leben, wie etwa Arten aus der Familie der Lippfische (Meerbrassen, Goldmaid, Gefleckter Lippfisch und Kuckuckslippfisch) sowie Scheibenbäuche und Atlantische Butterfische usw. Andere Arten kommen nur zeitweise, entweder zu bestimmten Tageszeiten oder in bestimmten Jahreszeiten, auf dem felsigen Boden/Riff vor und nutzen den Lebensraum zur Nahrungssuche, als Laichplatz oder Versteck. Zu den typischen Arten zählen u. a. der Seehase, die Meerforelle, der Wittling und der Kabeljau.

Gebiete mit Vegetation, insbesondere Seegras, sind ein wichtiger Lebensraum u. a. für Seenadel-Arten, den Atlantischen Butterfisch, die Große Schlangennadel, den Seestichling, den Dreistachligen Stichling, die Grundel und die Aalmutter. Darüber hinaus ist dieser Lebensraumtyp als Aufzuchtgebiet für einige Fischarten besonders wichtig. Die Randzone zwischen Seegras und anderen Lebensräumen kann außerdem als Versteck für junge und ausgewachsene Plattfische wichtig sein.

Während der Laichzeit versammeln sich Fische normalerweise an artspezifischen Laichplätzen. Der Laichzeitpunkt und die Dauer der Laichzeit sind ebenfalls artspezifisch, liegt aber oft innerhalb von drei bis vier Monaten und bei den meisten Arten vorwiegend in der ersten Jahreshälfte. Arten, die im Wasser laichen (pelagische Laicher), wie die meisten Plattfischarten, Kabeljau, Sprotte usw., legen oft sehr viele Eier in der Wassersäule ab, wo diese schlüpfen und sich die Larven weiterentwickeln. Die Laichgebiete sind oft groß und können sich je nach hydrografischen Bedingungen wie Strömung und Temperatur von Jahr zu Jahr verschieben (Warnar et al, 2012). Laichgebiete, in denen Arten in der Wassersäule laichen, gelten als weniger anfällig für Auswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten auf das Meeresbodenmaterial als benthische/demerale Laichgründe, in denen Laich von bodenbewohnenden Arten wie Sandaal und Sandgrundel am Bodensubstrat haftet (Carl, H.; Møller, P. R., 2019b; Møller, Warnar, Hintze, Fietz, & Munk, 2019).

Nach Angaben der Universität Aarhus wurden in der dänischen Roten Liste insgesamt 238 Fischarten gemäß den Kriterien der Roten Liste der IUCN behandelt. Davon wurden 135 Arten auf der Roten Liste bewertet und 20 Arten gelistet, von denen acht Arten gefährdet sind (Carl, H.; Møller, P.R., 2019a). Von den gefährdeten Arten sind acht Meeresarten entweder stark gefährdet oder gefährdet. Dies betrifft die folgenden Arten:

- Ostseeschnäpel (*Coregonus maraena*), stark gefährdet
- Europäischer Stör (*Acipenser sturio*), vom Aussterben bedroht

- Aal (*Anguilla anguilla*), vom Aussterben bedroht
- Dornhai (*Squalus acanthias*), stark gefährdet
- Nagelrochen (*Raja clavata*), potenziell gefährdet
- Rundnasen-Grenadier (*Coryphaenoides rupestris*), vom Aussterben bedroht
- Heringshai (*Lamna nasus*), gefährdet
- Dicklippige Meeräsche (*Chelon labrosus*), gefährdet

Ostseeschnäpel und Stör werden im Abschnitt 6.2.1.4.2 behandelt.

Der Aal ist eine der am weitesten verbreiteten Fischarten Dänemarks, da er fast überall im Meer und fast überall in Süßwasser vorkommt, das vom Meer aus zugänglich ist. Der Aal ist von Nordafrika im Süden bis Russland im Norden und von den Azoren im Westen bis zum Schwarzen Meer im Osten zu finden. Mit der Geschlechtsreife wandern die erwachsenen Aale in die Sargassosee, wo sie ablaichen. Der Aal war früher sowohl an den Küsten als auch im Süßwasser eine der wichtigsten Arten. Um 1960 setzte ein starker Rückgang ein. Das Verbreitungsgebiet hat sich nicht verändert, die Art ist jedoch bei Weitem nicht mehr so zahlreich wie früher.

Der Dornhai ist der häufigste Hai in Dänemark und war insbesondere in der Vergangenheit sehr zahlreich. Das langsame Wachstum, die späte Geschlechtsreife und die geringe Anzahl an Jungtieren machen die Art anfällig für Überfischung. Die Fischerei stellt einen bedrohlichen Faktor für die Art dar, denn die großen Rogner-Weibchen werden oft gezielt gefischt. Daher ist ein starker Rückgang zu beobachten. Der Dornhai ist besonders in der Nordsee, im Skagerrak und im nördlichen Kattegat verbreitet.

Der Nagelrochen ist hauptsächlich in der Nordsee, im Skagerrak und im Kattegat verbreitet. Früher wurde er vor allem in der Nordsee und im Skagerrak gefangen, in den letzten Jahrzehnten sind die dortigen Fänge jedoch etwas zurückgegangen. Im Kattegat hingegen scheint die Fangrate zugenommen zu haben. Im Laufe von etwa 60 Jahren ist der Bestand in der Nordsee um fast 80 % zurückgegangen und in einigen Gebieten (außerhalb dänischer Gewässer) gilt er als verschwunden. Dies ist vermutlich auf die überwiegend kommerzielle Fischerei zurückzuführen – sowohl auf gezielte Fischerei als auch auf den Beifang.

Der Rundnasen-Grenadier ist eine Tiefseeart, die im tiefsten Teil des Skagerrak vorkommt. Für die isolierte Beurteilung des Status im dänischen Gebiet gibt es keine Datengrundlage. Untersuchungen aus anderen Teilen des Verbreitungsgebiets deuten jedoch auf einen Rückgang zwischen 20 und 50 % des ursprünglichen Bestands hin.

In Dänemark ist der Heringshai vor allem in der Nordsee, im Skagerrak und im Kattegat bekannt. Er wurde jedoch auch mehrmals im Öresund und an einigen anderen Stellen in den inneren Gewässern gesichtet. Die Überfischung der Bestände im Nordostatlantik hat seit 1930 zu einem Rückgang von 85 bis 99 % geführt.

Die Dicklippige Meeräsche kommt in dänischen Gewässern praktisch überall vor, doch die Fische versammeln sich häufig an Warmwasserauslässen, Häfen und geschützten Buchten. Am häufigsten ist sie in den Sommermonaten anzutreffen und im Winter verlassen die meisten Meeräsen die dänischen Gewässer vermutlich vollständig. Seit 2012 ist die Art auf Grundlage der Anlandezahlen der kommerziellen Fischerei um mindestens 50 % zurückgegangen.

#### Vögel gemäß Anhang I und der dänischen Roten Liste

In den Meeresgebieten kommen zahlreiche Vogelarten vor. Die überwiegende Mehrheit der Arten ist auf der Ausweisungsgrundlage im Netz der Vogelschutzgebiete und wird im Abschnitt 6.2.2.3.2 behandelt. Die größte Artenvielfahl kommt entlang der Küsten und am häufigsten in den flachen Bereichen der geschützten dänischen Binnengewässer entlang der Küsten vor, wo Salzwiesen und andere Naturgebiete liegen und von den

Vögeln als Brut- und Rastplätze genutzt werden. In Dänemark gibt es insgesamt 18 Vogelarten im Anhang 1 der Vogelschutzrichtlinie, die in Meeresgebieten leben, und weitere zwölf Arten, hauptsächlich Watvögel, die in Gebieten entlang der Küste mit weniger als einem halben Meter Wassertiefe vorkommen. Diese Meeresgebiete sind besonders wichtig für den Schutz von Zug- und Brutvögeln, die die dänischen Gewässer als Rast-, Überwinterungs- und Nahrungsgebiete nutzen und zu bestimmten Jahreszeiten eine beträchtliche Anzahl einer Vogelart beherbergen können. Die wichtigsten Gebiete liegen alle innerhalb der Vogelschutzgebiete. Auch zahlreiche mit dem Meer und der Küste verbundene Vogelarten stehen auf der dänischen Roten Liste. Von den auf der Roten Liste aufgeführten Arten sind 26 Arten (und Unterarten) mit dem Meer und weitere 50 Arten mit der Küste verbunden. Von den an der Küste vorkommenden Vogelarten sind allerdings nur 14 Arten mit Sand- und Felsstränden sowie dem Watt verbunden und könnten daher potenziell von der Durchführungsverordnung betroffen sein. Alle oben genannten relevanten Vogelarten in Anhang 1 der Vogelschutzrichtlinie stehen auch auf der dänischen Roten Liste und die Arten auf der Roten Liste, die nicht in Anhang 1 enthalten sind, gehören zu denselben Vogelgruppen und haben dieselbe Lebensweise. Daher gelten die Bewertungen im Hinblick auf Anhang 1 der Vogelschutzrichtlinie auch für die auf der Roten Liste aufgeführten Vogelarten, die am Meer und an der Küste vorkommen. Lediglich Wanderfalken und Seeadler sind in den Bewertungen des Anhangs 1 nicht enthalten. Beide Arten stehen als Brutvögel auf der Roten Liste (VU bzw. NT). Neben den in marinen Gebieten lebenden Arten ist Dänemark auch ein wichtiges Gebiet für den Vogelzug zwischen den Brutgebieten in Nordeuropa und Sibirien sowie den Überwinterungsgebieten in Westeuropa und Afrika. Alle diese Arten durchqueren Küsten- und Meeresgebiete.

#### 6.2.4.4 *Bewertung von Umweltauswirkungen*

##### 6.2.4.4.1 An Land

Durch die Änderung der Durchführungsverordnung wird die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> an Land ermöglicht, während dies nach der vorherigen Durchführungsverordnung nur in Teilen der Nordsee zulässig war. Wie in den vorhergehenden Kapiteln über Anhang-IV-Anhang (Abschnitt 6.2.1) und Natura-2000-Gebiete (6.2.2) beschrieben, kann dies Auswirkungen auf Arten und ihre Lebensräume in lokalen Gebieten haben. Projekte, deren Umsetzung durch die Durchführungsverordnung ermöglicht wird, können sich in ähnlicher Weise direkt auf geschützte und auf der Roten Liste stehende Arten auswirken und ihren Lebensraum beeinträchtigen. Auswirkungen können der direkte Verlust von Lebensraum durch die Errichtung von Anlagen oder das langsame Austreten von CO<sub>2</sub> aus der Injektionsstelle in Gebiete sein, die beispielsweise auf kalkhaltigen Boden angewiesen sind. Naturgebiete, Wälder und Gebiete, die als Lebensraum für gefährdete und stark gefährdete Arten dienen können, sind sehr anfällig, da sie nicht sofort wiederhergestellt oder ersetzt werden können. Die Auswirkungen auf die geschützte Natur und die Lebensräume gefährdeter und seltener Tier- und Pflanzenarten durch die Installation technischer Anlagen in geschützter Natur werden in solchen Fällen erheblich sein.

Bestimmte Pilot- und Demonstrationsprojekte erfordern einen Einzelantrag, eine Fallbearbeitung und eine Genehmigung, einschließlich unabhängiger Bewertungen der Umweltauswirkungen des Projekts gemäß den geltenden Umweltvorschriften. Eine Auswirkung muss daher mittels einer Umweltverträglichkeitsprüfung des konkreten Projekts untersucht gemacht werden. Dabei wird neben einer Bewertung der Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete und Anhang IV-Arten auch eine Bewertung der Auswirkungen auf gefährdete und auf der Roten Liste aufgeführte Arten durchgeführt.

Es ist davon auszugehen, dass es möglich sein wird, Lösungen für die Umsetzung der durch die Änderungen der Durchführungsverordnung ermöglichten konkreten Projekte zur CO<sub>2</sub>-Speicherung zu finden, bei denen die

Auswirkungen auf geschützte und auf der Roten Liste stehende Arten so begrenzt sind, dass die Auswirkungen nicht erheblich sind.

#### 6.2.4.4.2 Auf See

Zu den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten gehören Untersuchungen des Meeresbodens, einschließlich seismischer Untersuchungen und des Transports von komprimiertem CO<sub>2</sub> per Schiff, was zu verstärktem Unterwasserlärm führen wird. Aktivitäten im Zusammenhang mit der Errichtung von Anlagen und Bohrungen auf dem Meeresboden sowie dem Rückbau von Anlagen führen zu Sedimenteintrag und erhöhter Schwebstoffbelastung und Sedimentation sowie zu einem vorübergehenden und dauerhaften Verlust von Lebensräumen auf dem Meeresboden und zu einer Veränderung des Lebensraums durch die installierten Anlagen. Während der Betriebsphase kann es eventuell zu einem CO<sub>2</sub>-Austritt rund um die Bohrungen kommen. Die Auswirkungen eines CO<sub>2</sub>-Austritts werden nur für die benthische Fauna bewertet, da davon ausgegangen wird, dass sich die anderen marinen biologischen Organismen fortbewegen können.

#### Bodenflora und -fauna

Erhöhte Konzentrationen von aufgewirbeltem (suspendiertem) Sediment und Sedimentablagerungen im Zusammenhang mit der Errichtung von Anlagen und Bohrungen tragen zu einer Erhöhung der natürlich vorkommenden Sedimentkonzentration im Wasser bei. Schwebstoffe und die daraus resultierende Sedimentation durch die Aktivitäten könnten möglicherweise Auswirkungen auf Meeresarten sowie auf die Flora und Fauna des Meeresbodens haben. Die Auswirkungen erhöhter Schwebstoffkonzentrationen in der Wassersäule auf die Bodenfauna sind direkt und können sich auf die filtrierenden Tiere in Form einer beeinträchtigten Nahrungsaufnahme oder einer Verstopfung der Filtervorrichtung auswirken. Viele filtrierenden Tiere können jedoch über längere Zeiträume zugesetzt bleiben und somit längere Zeiträume (mehrere Tage) ohne Nahrung überleben, was allerdings zu einer Wachstumsminderung führen kann. Im Allgemeinen lagern sich durch die Bautätigkeiten entstandene Sedimente auf dem Meeresboden (Sediment) in unmittelbarer Nähe der Bereiche ab, in denen die Bautätigkeiten durchgeführt werden. Das Sediment bedeckt die benthische Fauna, die je nach Dicke der abgelagerten Schichten beeinträchtigt werden kann und im schlimmsten Fall lokal verloren gehen kann. Im Allgemeinen sind erhöhte Schwebstoffkonzentrationen für Weichbodenorganismen unkritisch, da sie bereits an eine natürliche Schwebstoffmenge in der Wassersäule angepasst sind, während die Hartbodenfauna im Allgemeinen etwas weniger tolerant ist. Zur Weichbodenfauna zählen Arten wie Nereiden, Muscheln, Schnecken, Stachelhäuter und Krebstiere, die allesamt ganz oder teilweise im Sandboden vergraben leben. Im Allgemeinen vertragen diese Arten Ablagerungen, wobei es Unterschiede je nach Art gibt. Die Überlebenschancen hängen von der Fähigkeit der Art ab, sich durch das abgelagerte Sediment zu graben und die Verbindung zwischen den Gangsystemen des Tieres und der Sedimentoberfläche wiederherzustellen. Die mobilen benthischen Arten, Nereiden, Muscheln, Schnecken, Kleine Herzigel und Krebse, können sich durch das Sediment graben und sind daher relativ robust gegenüber Sedimentation, was auch die Schlussfolgerungen einer Reviewstudie von Essink (1999) belegen, die zu dem Schluss kommt, dass die meisten benthischen Tiere (mit Ausnahme von Miesmuscheln, Sandklaffmuscheln, Austern [Ostrea spp.], Seeanemonen [Sagartia spp.] und einigen Schlangensternen) nicht erheblich beeinträchtigt werden, solange die Sedimentschicht weniger als 20 cm beträgt. Wie bereits erwähnt, reagieren Hartbodenbestände im Allgemeinen empfindlicher auf Sedimentbedeckungen als Weichbodenbestände und die sessile Epifauna hat bei großen Sedimentablagerungen keine Möglichkeit, sich zu bewegen. Während die ausgewachsenen Individuen einiger Arten so groß sind, dass sie nicht von leichten Sedimentablagerungen bedeckt werden, können solche Ablagerungen für junge Exemplare tödlich sein. Einige Arten, wie etwa der Tüten-Kalkröhrenwurm und bestimmte Schlangensterne, gelten als relativ empfindlich gegenüber Sedimentation (Lisbjerg, Petersen, & Dahl, 2002). Allerdings ist davon auszugehen, dass die Topographie und Hydrodynamik, die häufig die Grundvoraussetzungen für die Existenz harter Bodenstrukturen darstellen, dazu

beitragen, dass sich die Sedimentablagerungen direkt auf dem Lebensraum zeitlich und räumlich verringern. Da die überwiegende Mehrheit der benthischen Tierarten als Eier oder Larven durch die Meeresströmungen verbreitet wird, ist zu erwarten, dass sich ein großer Teil dieser Arten innerhalb kurzer Zeit nach dem Ende der Belastung wieder in den zuvor bedeckten Gebieten ansiedeln kann. Auch die Wiederansiedlung grabender Bodentiere und Epifauna-Arten, die in Lebensräumen mit hartem Boden leben, wird relativ schnell nach Beendigung der Störungen erfolgen. Es wird erwartet, dass sich die ersten Arten innerhalb des ersten Jahres nach der Sedimentation wieder ansiedeln (Hygum, 1993) (Støttrup et al., 2007).

Meerespflanzen (einschließlich Seegras und verwurzelter Makroalgen) können durch anhaltende Beschattung und verringerte Lichtverhältnisse aufgrund erhöhter Konzentrationen von Schwebstoffen in der Wassersäule negativ beeinflusst werden. Die Auswirkungen sind in erster Linie auf eine Verringerung der Lichtmenge zurückzuführen, die in die Wassersäule eindringt und somit für die Photosynthese und das Wachstum der Pflanzen zur Verfügung steht. Seegras und in gewissem Maße auch Makroalgen sind an das Leben in Küstengebieten angepasst, wo es natürliche Schwankungen in der Konzentration von Schwebstoffen, Beschattung und Sedimentation gibt und wo nur eine anhaltende Verringerung des Lichts aufgrund einer erhöhten Sedimentkonzentration in der Wassersäule potenziell zu einer Verringerung ihrer Verbreitung führen kann. Um zu überleben und zu wachsen, ist Seegras darauf angewiesen, dass etwa 15 bis 20 % der Oberflächenstrahlung den Boden erreicht (Dennison et al., 1993). Makroalgen hingegen benötigen weniger Licht und vertragen eine Verringerung der Lichtintensität besser. Die großen Braunalgen benötigen etwa 0,5 % des Oberflächenlichts, während die blattförmigen Rotalgen 0,12 % des Oberflächenlichts benötigen, um zu gedeihen (Sand, 1992).

Die Auswirkungen des Sedimenteintrags, der durch die Aktivitäten im Rahmen der Durchführungsverordnung ermöglicht wird, werden als sehr begrenzt eingeschätzt, sowohl in der unmittelbaren Umgebung der Bautätigkeiten als auch in der benthischen Flora und Fauna. Die Auswirkungen werden als begrenzt eingeschätzt und in Kombination mit der natürlichen Widerstandskraft und Belastbarkeit der benthischen Flora und Fauna und den guten Chancen auf eine Wiederansiedlung wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen des Sedimenteintrags infolge der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten auf die lokale benthische Flora und Fauna begrenzt bis nicht erheblich sein werden.

Im Zusammenhang mit dem Bau von Anlagen kommt es zu einem dauerhaften Einfluss und einer Veränderung des Lebensraums am Meeresboden. Es ist noch nicht bekannt, ob die Installationen durch Hartbodenstrukturen vor Erosion geschützt werden und inwieweit die Errichtung der Installationen zu einem dauerhaften Verlust von Lebensräumen und der Hinzufügung neuer Hartbodensubstrate führt.

Sofern Anlagen auf bestehenden Weichboden- oder Hartbodenhabitaten errichtet werden, gehen die zugehörigen Tier- und Pflanzenbestände an den betreffenden Standorten dauerhaft verloren. Da jedoch davon ausgegangen wird, dass der Flächenbedarf der Anlagen relativ gering sein wird, werden die Auswirkungen des Verlusts von Meeresbodenlebensräumen als begrenzt eingeschätzt und werden zu vernachlässigenden Auswirkungen auf die lokale benthische Flora und Fauna führen. Daher kann die Annahme, dass die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten infolge des Verlusts des Meeresbodens erhebliche Auswirkungen auf die Fauna und Flora am Meeresboden haben werden, widerlegt werden.

Alle Hartbodenstrukturen (in Form von Installationen, Erosionsschutz usw.), die in einem Projekt potentiell zum Einsatz kommen, gelten als Hartbodensubstrat. Solche Hartbodenstrukturen können einer Reihe sessiler benthischer Organismen als Lebensraum dienen und sich so im Laufe der Zeit zu einer Art künstlichen Riffen entwickeln und zur Gesamtfläche der benthischen Hartbodenbestände in dem Gebiet beitragen. Die Wahl der Materialien und die Gestaltung der Fundamente sowie des Erosionsschutzes haben Einfluss darauf, welche

Organismen die Strukturen erfolgreich besiedeln können. Auf Strukturen, die in sonnenbeschiedene Wassertiefen hineinragen, ist ebenfalls die Ansiedlung von Makroalgen wahrscheinlich, ebenso wie die Schaffung einer künstlichen Gezeitenzone. Ein solcher Beitrag zur allgemeinen strukturellen Heterogenität des Gebiets kann ökologische Nischen (z. B. Nahrungs- und Versteckmöglichkeiten) sowohl für Fische als auch für Wirbellose eröffnen, was möglicherweise von Bedeutung für die Strukturen der lokalen Nahrungskette und die Artenzusammensetzung ist.

Ein möglicher Effekt hiervon ist zu erwarten und kann als positiv gewertet werden. Die begrenzte Flächenvergrößerung hat jedoch nach Einschätzung keine nennenswerten Auswirkungen auf die allgemeine Artenvielfalt und Ökologie des gesamten Gebiets. Der Grad der Auswirkungen wird als vernachlässigbar eingeschätzt.

Der Rückbau und die Stilllegung der Anlage und des Bohrrohrs könnten im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten möglicherweise Auswirkungen auf die lokale Bodenfauna haben. Durch den Rückbau technischer Anlagen kann der Meeresboden jedoch relativ schnell wiederhergestellt werden. Im unmittelbaren Umfeld der Stilllegungsarbeiten kommt es zu kurzzeitigen Beeinträchtigungen oder zum Verlust der Bodenfauna an einzelnen Stellen. Daher wird davon ausgegangen, dass es beim Rückbau der Anlagen zu keinen erheblichen Auswirkungen auf die benthische Fauna kommen wird.

#### CO<sub>2</sub>-Freisetzung

Während der Betriebsphase kann es möglicherweise zu einer Freisetzung oder Leckage von CO<sub>2</sub> aus dem Untergrund in die Meeresumwelt kommen (Abschnitt 3.8.1.2). Der Austritt von CO<sub>2</sub> aus dem Untergrund in die Meeresumwelt kann verschiedene potenzielle Auswirkungen auf die benthische Fauna haben, obwohl es als höchst unwahrscheinlich gilt, dass CO<sub>2</sub> durch ein Barrieregestein austritt (GEUS, 2023). Wenn sich CO<sub>2</sub> im Meer löst, entsteht Kohlensäure, die den pH-Wert senkt und Sediment und Wasser saurer macht. Dies kann Auswirkungen auf die benthische Fauna haben, insbesondere auf Schalentiere wie Muscheln, Schnecken und Krebstiere, da ihre Kalkschalen und Skelette mit der Zeit dünner und schwächer werden können. Darüber hinaus kann ein CO<sub>2</sub>-Austritt Auswirkungen auf Schalentiere in Plankton und pelagische Krebstiere wie Garnelen und Mysiden haben, die ebenfalls Probleme haben können, ihre Kalkstrukturen aufrechtzuerhalten. Bei Leckagen wird in erster Linie davon ausgegangen, dass sie lokal im Bereich des Bohrlochs auftreten, wo die abdichtende Bodenschicht durchbrochen ist oder wo Risse vorhanden sind, die das Barrieregestein durchziehen (GEUS, 2023). Sollte es zu einer Leckage kommen, würde diese wahrscheinlich in der Nähe von Bohrungen entstehen, die kontinuierlich überwacht werden können und bei denen bereits Maßnahmen bereitstehen, um das Leck zu stoppen. Wenn die Leckage durch Risse im Barrieregestein erfolgt, wird es sich laut GEUS (2023) um ein sehr geringes Ausmaß handeln und das CO<sub>2</sub> wird sich über das gesamte geologische Gebiet verteilen. Dies bedeutet, dass die Freisetzung großflächig in große Wasserkörper erfolgt, sodass die Auswirkungen auf den pH-Wert gering sind und für Schalentiere als wenig bedeutsam eingeschätzt werden.

Aus den oben genannten Gründen sind Leckagen in erster Linie vorübergehender und lokal begrenzter Natur. Für einige benthische Tierarten lautet die Einschätzung, dass sie potenziell anfällig gegenüber CO<sub>2</sub>-Leckagen und Wasserversauerung sind. Diese Anfälligkeit hängt jedoch auch von der Fähigkeit der Art zur Flucht ab und davon, ob sie über kalkhaltige Strukturen verfügt. Wenn der CO<sub>2</sub>-Austritt auf ein kleines und kurzfristiges Leck zurückzuführen ist, werden die Auswirkungen als lokal begrenzt eingeschätzt. Zusammenfassend werden die möglichen Folgen eines CO<sub>2</sub>-Austritts für die lokale benthische Fauna als moderat eingeschätzt, abhängig von der Größe und Dauer etwaiger Lecks. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass die Annahme, dass der CO<sub>2</sub>-Austritt aus der Umsetzung der Durchführungsverordnung erhebliche Auswirkungen auf die lokale benthische Fauna haben wird, widerlegt werden kann.

### Fische und Fischarten auf der dänischen Roten Liste

Die Umweltauswirkungen auf Fische und Fischbestände durch den Schiffsverkehr im Zusammenhang mit Bautätigkeiten und -vorgängen sowie durch Unterwasserlärm durch Bohrungen werden begrenzt sein, da Bohrlärm und Schiffslärm nicht-impulshaltige Lärmquellen sind und nicht so schädlich wie impulshaltige Lärmquellen sind. Sie werden in erster Linie zur Vertreibung von Fischen in der Nähe des Baugebiets/der Lärmquelle führen. Ebenso werden die Lebensraumveränderungen und CO<sub>2</sub>-Leckagen lokal begrenzt sein und während der Bauphase nur begrenzte Auswirkungen haben. Zudem wird davon ausgegangen, dass Fische aus den betroffenen Gebieten entkommen können. Daher werden diese Auswirkungen als nur begrenzt eingeschätzt.

Im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Bautätigkeiten wird es zu einer Eintragung von Schwebstoffen in die Wassersäule und einer anschließenden Ablagerung auf dem Meeresboden kommen. Darüber hinaus kann es bei der Brunnenbohrung zu Leckagen der Bohrspülung kommen. Bei der Errichtung von Injektionsanlagen und physischen Bohrungen im Meeresboden ist mit dem Austreten von Sedimenten zu rechnen. Der Sedimentaustritt durch die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten wird auf Grundlage von Studien zu anderen Projekten mit der Verlegung von Pipelines und Kabeln auf dem Meeresboden in der unmittelbaren Umgebung als begrenzt eingeschätzt (z. B. (INEOS, 2022)). Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass erhebliche Auswirkungen der Fische durch Freisetzung von Sediment oder Bohrspülung ausgeschlossen werden kann.

Unterwasserlärm durch seismische und geophysikalische Untersuchungen sowie das Rammen von Brunnenverrohrung kann potenziell zu Schäden und Verhaltensänderungen der Fische führen. Es wird jedoch erwartet, dass im Zusammenhang mit den konkreten durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekten Auflagen für einen „Soft-Start“/„Ramp-up“ gemäß der Richtlinien der dänischen Energieagentur für Machbarkeitsstudien (Energistyrelsen, 2018) und Rammarbeiten (Energistyrelsen, 2023) sowie ggfs. Auflagen zur Schalldämpfung beim Eintreiben der Brunnenverrohrung festgelegt werden. Dadurch werden die Auswirkungen auf die Fische erheblich verringert. Die Durchführungsverordnung ermöglicht Pilot- und Demonstrationsprojekte in sämtlichen dänischen Gewässern. Wird ein konkretes Projekt in einem für Fische wichtigen Gebiet umgesetzt, können erhebliche negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden. Die Erheblichkeit der Auswirkungen hängt von der Lage, Art und Ausgestaltung der einzelnen Anlagen sowie vom Zeitpunkt der Baumaßnahmen im Jahr ab. Diese Informationen sind jedoch nicht bekannt.

Der Rückbau der Anlagen und die Stilllegung des Injektionsrohrs könnten im Zusammenhang mit Abbruch- und Erdarbeiten möglicherweise Auswirkungen auf die Fische im Umfeld der bestehenden Anlagen haben. Allerdings kann durch den Rückbau technischer Anlagen der Meeresboden relativ schnell wieder in den Zustand vor der Stilllegung zurückversetzt werden. Fische werden vorübergehend aus dem unmittelbaren Bereich vertrieben, in dem die Stilllegungsarbeiten stattfinden. Daher wird davon ausgegangen, dass eine erhebliche Beeinträchtigung der Fische beim Rückbau der Anlage ausgeschlossen werden kann.

Es ist davon auszugehen, dass es möglich sein wird, Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekte auf See zu finden, bei denen erhebliche Auswirkungen auf Fische ausgeschlossen werden können. Eine genauere Beurteilung ist jedoch erst nach Vorliegen des konkreten Projektvorschlags bzw. der konkreten Projektvorschläge möglich.

### Vögel gemäß Anhang I und der dänischen Roten Liste

Vögel sind nur dann von Aktivitäten im Rahmen der Durchführungsverordnung betroffen, wenn ihnen ihre Nahrungshabitate entzogen werden oder Nahrung oder Vögel aus den von ihnen genutzten Gebieten verdrängt werden.

Bautätigkeiten, einschließlich der Anwesenheit von Schiffen, im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten können möglicherweise zu einer optischen Verdrängung von Seevogelarten führen. Schiffe können auch ein potenzielles Kollisionsrisiko für rastende Vögel darstellen, darunter Zugvögel und Vögel, die lokale Zugbewegungen ausführen, beispielsweise zwischen verschiedenen Nahrungsgebieten.

Die möglichen Verdrängungseffekte durch Störungen im Arbeitsbereich werden im Rahmen der Umsetzung und der durch die Verordnung ermöglichten Aktivitäten auf kleinere Bereiche konzentriert. Auch die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit Schiffen muss als sehr gering eingeschätzt werden, da die Vögel voraussichtlich um die Schiffe herumfliegen, um eine Kollision zu vermeiden. Daher wird davon ausgegangen, dass die Anfälligkeit gegenüber physischen Störungen durch Schiffe gering und von geringer Intensität ist. Auswirkungen durch physische Verdrängung und Kollisionen mit Schiffen usw. werden daher als begrenzt eingeschätzt. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die potenziellen Auswirkungen der Schiffe auf die genannten Vogelarten vernachlässigbar sind, da voraussichtlich nur wenige Vögel durch die Verdrängung für einen kurzen Zeitraum in der unmittelbaren Umgebung beeinträchtigt werden und im Allgemeinen zu erwarten ist, dass sie nach Beendigung der Störung in das Gebiet zurückkehren.

Schwebstoffe und Sedimentation werden nur dann zum Problem, wenn ihre Nahrungsquellen verschwinden. Ihre Nahrungssuche wird höchstens vorübergehend beeinträchtigt sein und zwar nur bei den Arten, die sich von pelagischen Fischen ernähren und ihr Sehvermögen zur Nahrungssuche nutzen. Die anderen Arten finden Nahrung am Boden oder nehmen sie von der Oberfläche auf und reagieren daher weniger sensibel auf gelöste Sedimente im Wasser. Die Arten, die pelagischen Fisch fressen, kommen von Natur aus in Gebieten mit sehr hohem Schwebstoffgehalt vor, beispielsweise entlang der Westküste Jütlands und an größeren Ästuaren im Wattenmeergebiet, und sind daher voraussichtlich relativ tolerant gegenüber Schwebstoffen. Darüber hinaus weisen die meisten dieser Arten eine geringe Populationsdichte auf und es ist davon auszugehen, dass die Arten eine vorübergehende lokale Verschlechterung der Nahrungsbedingungen durch die Migration in andere Gebiete ausgleichen können.

Werden die Injektionsbrunnen an oder in Küstennähe errichtet, kann dies küstennahe Brutvögel wie Möwen, Seeschwalben und Enten stören und im schlimmsten Fall die Nester zerstören. Es ist davon auszugehen, dass Lösungen für die Umsetzung der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekte auf See gefunden werden können, bei denen erhebliche Auswirkungen auf Vögel ausgeschlossen werden können.

#### *6.2.4.5 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen*

##### *6.2.4.5.1 An Land*

Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten kommt.

##### *6.2.4.5.2 Auf See*

Unter kumulativen Effekten versteht man die Auswirkungen der aktuellen Projekte, deren Umsetzung durch die Durchführungsverordnung ermöglicht wird, in Verbindung mit den Auswirkungen anderer Pläne oder Projekte, die Auswirkungen auf die sonstige marine Natur haben können.

Eine Abschätzung kumulativer Effekte ist auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht möglich. Es ist nicht möglich, das genaue Ausmaß der kumulativen Auswirkungen auf strategischer Ebene zu beurteilen, da dies vom Standort der Infrastruktur zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> und der zeitlichen und räumlichen Verteilung anderer Pläne oder Projekte abhängt, die sich mit Projekten zur CO<sub>2</sub>-Speicherung im Rahmen der Durchführungsverordnung kumulieren können. Daher müssen die kumulativen Auswirkungen im Rahmen konkreter Projektvorschläge zur CO<sub>2</sub>-Speicherung bewertet werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Auswirkungen der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten und der CO<sub>2</sub>-Speicherung wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte ohne kumulative Auswirkungen auf andere Pläne oder Projekte umgesetzt werden können.

#### 6.2.4.6 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen

Es wird davon ausgegangen, dass über die in anderen Umweltgesetzen vorgeschriebene Überwachung hinaus kein Überwachungsbedarf besteht.

##### Auf See

Es wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen von Bau und Betrieb auf die sonstige marine Natur möglicherweise begrenzte grenzüberschreitende Auswirkungen mit sich bringen. Eine genaue Einschätzung des Ausmaßes grenzüberschreitender Auswirkungen ist jedoch nicht möglich, da dieses vom Standort der Pilot- und Demonstrationsprojekte abhängt und für das jeweilige Projekt beurteilt werden muss. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte ohne grenzüberschreitende Umweltauswirkungen umgesetzt werden können.

#### 6.2.5 Bau- und Schutzlinien

##### 6.2.5.1 Rechtsgrundlage und Umweltziele

Der Zweck des dänischen Naturschutzgesetzes besteht darin, die Natur und Umwelt Dänemarks zu schützen, damit eine gesellschaftliche Entwicklung auf nachhaltiger Basis erfolgen kann, wobei die Lebensbedingungen der Menschen respektiert und die Tier- und Pflanzenwelt erhalten werden (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024). Das Gesetz regelt u. a. den Dünenschutz (§ 8), die Baulinien von Kirchen (§ 19), die Strandabschnittslinien (§ 15), die Forstbaulinien (§ 17) sowie die See- und Flussabschnittslinien (§ 16). Das Naturschutzgesetz regelt zudem die Denkmalschutzlinien (§ 18). Die konkreten Regelungen zur Schutzlinie sind jedoch im dänischen Museums- gesetz zu finden.

Ziel des Museumsgesetzes ist es, das kulturelle und natürliche Erbe des Landes zu sichern und dessen Bedeutung im Zusammenspiel mit der uns umgebenden Welt zu entwickeln (Kulturministeriet, 2014). Das Museums- gesetz umfasst u. a. Denkmalschutzlinien (§ 29e) und geschützte Stein- und Erdwälle (§ 29a).

Ziel des Planungsgesetzes ist es, eine kohärente Planung sicherzustellen, die die gesellschaftlichen Interessen an der Landnutzung vereint, zum Schutz der Natur, der Umwelt und des Klimas des Landes beiträgt und im ganzen Land gute Rahmenbedingungen für Wachstum und Entwicklung schafft, sodass eine gesellschaftliche Entwicklung auf nachhaltiger Basis unter Berücksichtigung der menschlichen Lebensbedingungen, der Erhaltung der Tier- und Pflanzenwelt und der Steigerung des wirtschaftlichen Wohlstands erfolgen kann (By-, Land- og Kirkeministeriet, 2024). Das Planungsgesetz beinhaltet u. a. den Schutz der Küstenzone (§ 5a).

## 6.2.5.2 Aktuelle Bedingungen

### Dünenschutz

Innerhalb eines Dünenschutzgebietes dürfen keine Veränderungen am Zustand der Dünen vorgenommen werden, vgl. § 8 des dänischen Naturschutzgesetzes. Darüber hinaus dürfen keine Gebäude errichtet, keine Bepflanzungen oder Geländeveränderungen vorgenommen werden und die Flächen dürfen nicht beweidet werden. Auch dürfen keine Parzellierungen, Grundbucheintragungen oder Grundstücksübertragungen vorgenommen werden, die Grenzen festlegen (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024).

### Strandschutzlinie

Es dürfen keine Veränderungen am Zustand des Strandes und des Bereichs zwischen Strand und Strandschutzlinie vorgenommen werden, vgl. § 15 des dänischen Naturschutzgesetzes. Darüber hinaus dürfen keine Gebäude errichtet, keine Bepflanzungen oder Geländeveränderungen vorgenommen werden und die Flächen dürfen nicht beweidet werden. Auch dürfen keine Parzellierungen, Grundbucheintragungen oder Grundstücksübertragungen vorgenommen werden, die Grenzen festlegen (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024).

### See- und Flussschutzlinie

Innerhalb der See- und Flussschutzlinien dürfen keine Gebäude, Bepflanzungen oder Geländeveränderungen vorgenommen werden, vgl. § 16 des dänischen Naturschutzgesetzes. Bei Seen mit einer Wasserfläche von mindestens 3 ha und bei Flüssen, die mit einer Schutzlinie ausgewiesen sind, beträgt der Abstand zwischen den See- und Flussschutzlinien 150 m (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024).

### Forstbaulinie

Innerhalb der Forstbaulinie dürfen keine Gebäude errichtet werden, vgl. § 17 des dänischen Naturschutzgesetzes. Forstbaulinien verlaufen 300 m von Wäldern entfernt (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024). Für Privatwälder gilt dies, wenn ein oder mehrere Wälder eine zusammenhängende Fläche von mindestens 20 Hektar Wald aufweisen. Die dänische Agentur für die Umwandlung von Grünflächen und aquatische Umwelt [Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø] definiert Wälder als mit Bäumen bedeckte Flächen, auch wenn der Wald noch recht jung ist, es sei denn, es handelt sich um landwirtschaftliche Nutzpflanzen. Die Bestimmungen erstrecken sich auf Wälder, die nicht der Schutzwaldfpflicht unterliegen (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, u.d.).

### Denkmalschutzlinie

Gemäß § 18 des dänischen Naturschutzgesetzes dürfen im Umkreis von 100 m um ein Denkmal keine Veränderungen des Flächenzustandes vorgenommen werden (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024). Am Denkmal und im Umkreis von 2 m dürfen keine Bodenbearbeitungen, Düngungen, Bepflanzungen oder Metalldetektionen durchgeführt werden. Auch dürfen keine Parzellierungen, Grundbucheintragungen oder Grundstücksübertragungen vorgenommen werden, die Grenzen festlegen (Kulturministeriet, 2014).

### Kirchenbaulinie

Gemäß § 19 des dänischen Naturschutzgesetzes dürfen innerhalb der Kirchenbaulinien keine Gebäude errichtet werden, die höher als 8,5 m sind, es sei denn, die Kirche ist im gesamten Schutzgebiet von städtischer Bebauung umgeben. Die Kirchenbaulinie hat einen Abstand von 300 m zu Kirchen (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024).

### Küstenzone

Die Küstenzone muss frei von Gebäuden und Anlagen bleiben, die nicht auf die Nähe zur Küste angewiesen sind (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024). Die Küstenzone erstreckt sich von der Küste bis ins Landesinnere über eine Strecke von etwa 3 km, die lokal variieren kann (Plan- og Landdistriktsstryelsen, u.d.).

### Geschützte Stein- und Erdwälle

Stein- und Erdwälle und dergleichen gelten als Denkmale, vgl. § 29a Abs. 2 des dänischen Museumsgesetzes. Daher gelten für Stein- und Erdwälle die Denkmalschutzregeln, das heißt, dass am Zustand von Stein- und Erdwällen keine Veränderungen vorgenommen werden dürfen (Kulturministeriet, 2014).

#### 6.2.5.3 Bewertung von Umweltauswirkungen

Die Durchführungsverordnung eröffnet die Möglichkeit, Pilot- und Demonstrationsprojekte anzusiedeln, bei denen nicht von der Hand zu weisen ist, dass diese zu Auswirkungen auf Bereiche innerhalb von Bau- und Schutzlinien führen können. Der Plan gibt keine bestimmten Gebiete für die Projekte vor. Im weiteren Planungsverlauf können geeignete Gebiete ausgewählt werden, bei denen eine Beeinträchtigung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ausgeschlossen werden kann.

Die Pilot- und Demonstrationsprojekte können grundsätzlich innerhalb einer oder mehrerer der genannten Bau- und Schutzlinien umgesetzt werden. Es bedarf jedoch einer konkreten Prüfung, ob das jeweilige Projekt mit Landschaftsinteressen oder sonstigen Naturschutzinteressen kollidiert, die durch die jeweilige(n) Linie(n) geschützt werden sollen. Die Auswirkungen müssen für jedes Pilot- und Demonstrationsprojekt bewertet werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass es möglich ist, das jeweilige Projekt entsprechend den Überlegungen anzurufen und anzupassen.

Über die Ausnahmegenehmigung für Bau- und Schutzlinien nach § 65 Abs. 1 und 2 des dänischen Naturschutzgesetzes entscheidet der Gemeinderat und die Küstendirektion entscheidet im Namen des dänischen Umweltministers über die Ausnahmegenehmigung nach § 8 Abs. 1 des Naturschutzgesetzes zum Dünenschutz und § 15 Abs. 1 zum Strandschutz gemäß § 65 b Abs. 1 des Naturschutzgesetzes (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024). Wenn eine Reduzierung der Bau- oder Schutzlinien erforderlich ist, trifft die dänische Agentur für die Umwandlung von Grünflächen und aquatische Umwelt die endgültige Entscheidung. Maßgeblich für die Entscheidung ist, ob die Reduzierung mit landschaftlichen Interessen oder sonstigen Naturschutzinteressen kollidiert, die durch die jeweilige(n) Linie(n) geschützt werden sollen (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, u.d.).

#### 6.2.5.4 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen

Durch den Erlass der Durchführungsverordnung für Pilot- und Demonstrationsprojekte sind vorübergehende, lokale Auswirkungen über zwei Jahre hinweg möglich. Sollten in der unmittelbaren Umgebung weitere Pläne bestehen, kann es zu kumulativen Auswirkungen kommen. Es ist daher nicht von der Hand zu weisen, dass es durch die Verabschiedung der Durchführungsverordnung zu kumulativen Auswirkungen auf Bau- und Schutzlinien kommen kann. Allerdings ist es auf dieser Planungsebene nicht möglich, das Ausmaß solcher Auswirkungen zu quantifizieren. Die Auswirkungen sind jedoch nur vorübergehend, da die Projekte nach zwei Jahren wieder rückgebaut werden. Zudem hängt das Ausmaß der Auswirkungen vom endgültigen Standort inklusive der Dimensionen und der Ausgestaltung der einzelnen Anlagen ab. Die Auswirkungen werden jedoch als nicht

erheblich eingeschätzt, da der Standort des Anlagentyps immer einer spezifischen Prüfung unter Berücksichtigung der umgebenden Bau- und Schutzlinien bedarf.

Es wird nicht davon ausgegangen, dass es zu Auswirkungen aufgrund von Wechselwirkungen mit anderen Umweltfaktoren kommt.

## 6.3 Marinestrategie

### 6.3.1 Rechtsgrundlage

In Dänemark wurde die Meerestrategie-Rahmenrichtlinie<sup>20</sup> im Meerestrategiegesetz<sup>21</sup> umgesetzt. Das übergeordnete Ziel der dänischen Meerestrategie besteht darin, einen guten Umweltzustand der Meeresträume zu erreichen oder aufrechtzuerhalten. Dies geschieht durch Sechsjahresstrategien, die aus Folgendem bestehen: 1) Zustandsbewertung, sozioökonomische Analyse und Festlegung von Umweltzielen (Basisanalyse), 2) Überwachungsprogramm und 3) Aktionsprogramm. Die grundlegende Analyse für Dänemarks Meerestrategie III (2024–2030) stand vom 10. April bis zum 4. Juli 2025 zur öffentlichen Einsichtnahme zur Verfügung (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2025). Die Veröffentlichung aktualisierter Umweltziele wird für Ende 2025 erwartet. Das Überwachungsprogramm und das Aktionsprogramm für die Meerestrategie III werden voraussichtlich erst 2026 bzw. 2027 veröffentlicht. Die wichtigste Grundlage bilden daher Dänemarks Meerestrategie II (2018–2024) und die darin festgelegten Umweltziele (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019). Die öffentlichen Behörden sind verpflichtet, bei der Erfüllung ihrer Aufgaben nicht im Widerspruch zu den in der Meerestrategie festgelegten Zielen und Maßnahmen zu handeln.

Gemäß dem dänischen Meerestrategiegesetz umfasst die Meerestrategie dänische Meeresgebiete, einschließlich des Meeresbodens und des Untergrunds im Küstenmeer. Die dänische Meerestrategie gilt für Meeresgebiete von der Gezeitengrenze bis zur 200-Seemeilen-Grenze oder zur Grenze zum Meeresgebiet eines Nachbarlandes, wenn diese Grenze weniger als 200 Seemeilen entfernt ist (ausschließliche Wirtschaftszone, AWZ). Die Meerestrategie umfasst jedoch für die Parameter, die auch im Umweltzielgesetz und im Wasserplanungsgesetz erfasst sind, nicht Meeresgebiete, die sich eine Seemeile über die Basislinie hinaus erstrecken. Die Abgrenzung bedeutet in der Praxis, dass die Meerestrategie den Zustand des Phytoplanktons, der Wurzelpflanzen und der Bodentiere sowie den chemischen Zustand in Wassergebieten, die sich bis zu einer Seemeile von der Basislinie und zwölf Seemeilen für den chemischen Zustand erstrecken, nicht abdeckt (Figur 6.5), da diese Faktoren in den Gewässerplänen berücksichtigt werden. Die anderen Elemente der Meerestrategie, wie etwa Fische, Unterwasserlärm und Meeressmüll, sind nicht in den Gewässerplänen enthalten und werden daher im gesamten Meeresgebiet, auch innerhalb der Grenze von einer Seemeile von der Basislinie, von der Meerestrategie abgedeckt.

---

<sup>20</sup> Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresträume (Meerestrategie-Rahmenrichtlinie) (Text von Bedeutung für den EWR), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0056>

<sup>21</sup> Durchführungsverordnung Nr. 123 vom 01.02.2024, Verordnung zum Meerestrategiegesetz, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2024/123>

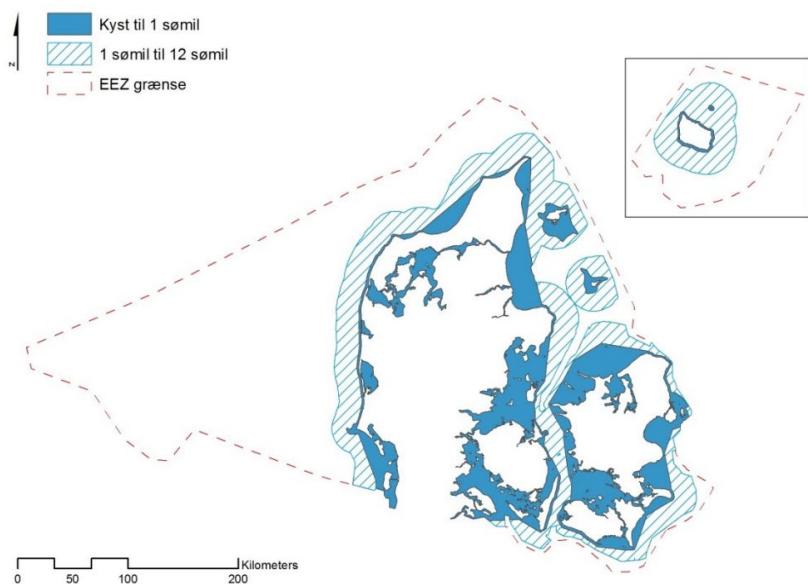


Abb. 6.5. Karte der dänischen Seegebiete mit Darstellung der Küstengewässer bis zu einer Seemeile von der Basislinie (blaue Farbe), der Hoheitsgewässer/Seegebiete (blaue Schattierung) und der dänischen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) (rote gepunktete Linie) (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019).

### 6.3.2 Methode

Zur Beurteilung des Umweltzustands in einem Meeresgebiet verwendet die Meerestrategie-Rahmenrichtlinie die folgenden elf Deskriptoren: Biologische Vielfalt (D1), nicht einheimische Arten (D2), kommerziell genutzte Fischbestände (D3), marines Nahrungsnetz (D4), Eutrophierung (D5), Unversehrtheit des Meeresbodens (D6), hydrografische Veränderungen (D7), Schadstoffe (D8), Schadstoffe in Fischen und Meeresfrüchten für den menschlichen Verzehr (D9), Meeresmüll (D10) und Unterwasserlärm (D11). Für jeden Deskriptor legt die Meerestrategie eine Reihe von Umweltzielen zur Erreichung eines guten Umweltzustands fest, wobei der Umweltzustand anhand einer Reihe von von der EU festgelegten Kriterien bewertet wird. Menschliche Aktivitäten auf oder im Meer haben nicht zwangsläufig Auswirkungen auf alle elf Deskriptoren und die damit verbundenen Umweltziele der Meerestrategie.

Alle elf Deskriptoren und die damit verbundenen Umweltziele werden überprüft, um die voraussichtlichen Auswirkungen der Projekte, die der Durchführungsverordnung unterliegen, einzuschätzen. Die Beurteilung der möglichen Auswirkungen bestimmter Aktivitäten im Zusammenhang mit der geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> auf die dänische Meerestrategie basiert hauptsächlich auf Beschreibungen der bestehenden Bedingungen und den in dieser strategischen Umweltprüfung durchgeföhrten Beurteilungen, u. a. in den folgenden Kapiteln: Abschnitt 6.1 zum Thema Wasser und Wasserplanung und Abschnitte 6.2 zur biologischen Vielfalt in Bezug auf die meeresbezogenen Abschnitte (Anhang IV, Natura 2000, benthische Flora und Fauna und Fische).

Die Auswirkungen der elf Deskriptoren unterscheiden sich nicht über die Grenzen hinweg. Die in diesem Abschnitt behandelten potenziellen Auswirkungen werden als ebenso wahrscheinlich in den angrenzenden Gewässern außerhalb Dänemarks eingeschätzt. Die vorliegende übergeordnete Bewertung der Auswirkungen auf die Deskriptoren der Meerestrategie gilt daher auch für diese und wird als über die Grenzen hinweg vergleichbar angesehen. Die Auswirkungen auf die Meerestrategie durch die Umsetzung der Meerestrategie-Rahmenrichtlinie durch die Länder müssen im Zusammenhang mit der Genehmigung künftiger spezifischer Pilot- und Demonstrationsprojekte für die entsprechenden Gebiete abschließend bewertet werden.

### 6.3.3 Aktuelle Bedingungen

Die dänischen Meeresgebiete werden im Rahmen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie allgemein als Nordsee und Ostsee bezeichnet. Nord- und Ostsee befinden sich insgesamt in keinem guten ökologischen Zustand. Die größten Einflussfaktoren sind laut Zustandsbewertung zur Meeresstrategie III Nährstoffe, Fischerei und umweltgefährdende Schadstoffe (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2025).

Im Rahmen der Bemühungen im der vorherigen und aktuellen Meeresstrategieperiode sowie im Zusammenhang mit Dänemarks maritimem Raumordnungsplan wurden in Dänemark geschützte und streng geschützte Meeresstrategiegebiete ausgewiesen (Figur 6.6). Von den ausgewiesenen Meeresstrategiegebieten wird erwartet, dass sie zur Erreichung mehrerer Umweltziele beitragen, u. a. im Rahmen der Deskriptoren D1 „Biologische Vielfalt“ und D6 „Unversehrtheit des Meeresbodens“. Ziel der Ausweisung ist es, die Gebiete vor physischen Einflüssen, u. a. vor der CO<sub>2</sub>-Speicherung, zu schützen. Innerhalb streng geschützter Meeresstrategiegebiete sind nur wenige Aktivitäten erlaubt und die CO<sub>2</sub>-Speicherung (einschließlich Konstruktionen, Bohrungen, seismische Untersuchungen usw.) ist nicht gestattet. Auch innerhalb allgemein geschützter Gebiete ist die CO<sub>2</sub>-Speicherung grundsätzlich verboten, es sei denn, eine spezifische Prüfung kann nachweisen, dass die Aktivitäten die Integrität des Gebiets nicht beeinträchtigen (Miljøministeriet, 2024). Für konkrete Pilot- und Demonstrationsprojekte, die in allgemein geschützten Meeresstrategiegebieten angesiedelt werden sollen, gelten daher Anforderungen zur Koexistenzbewertung.

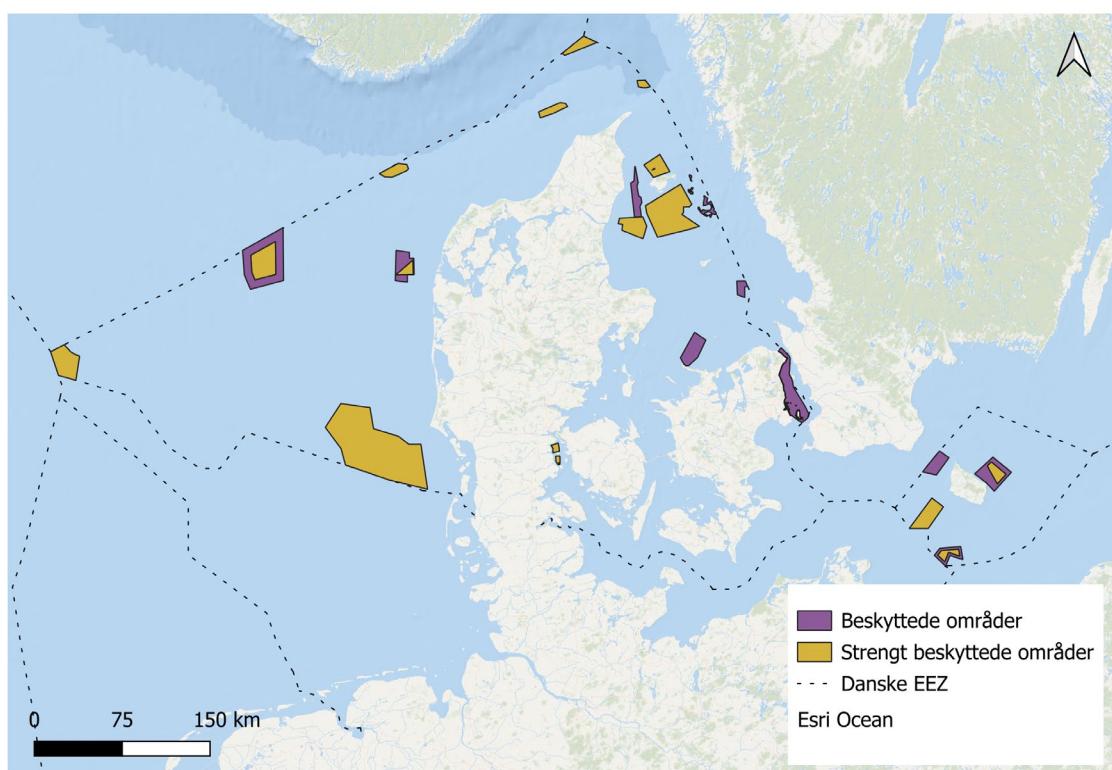


Abb. 6.6. Geschützte und streng geschützte Meeresstrategiegebiete in dänischen Gewässern

Die FFH-Richtlinie definiert acht marine Lebensraumtypen, die in Dänemark vorkommen und in den dänischen Natura-2000-Gebieten geschützt werden müssen (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019)(Abschnitt 6.2.2.3.2). Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie verwendet eine andere Kategorisierung der Lebensraumtypen. Das System basiert teilweise auf der EUNIS-Klassifikation (European Union Nature Information System) der EU und besteht

aus 22 sogenannten „übergeordneten Lebensraumtypen“. Von den 22 Lebensraumtypen kommen 16 in dänischen Meeresgebieten vor (Figur 6.8).

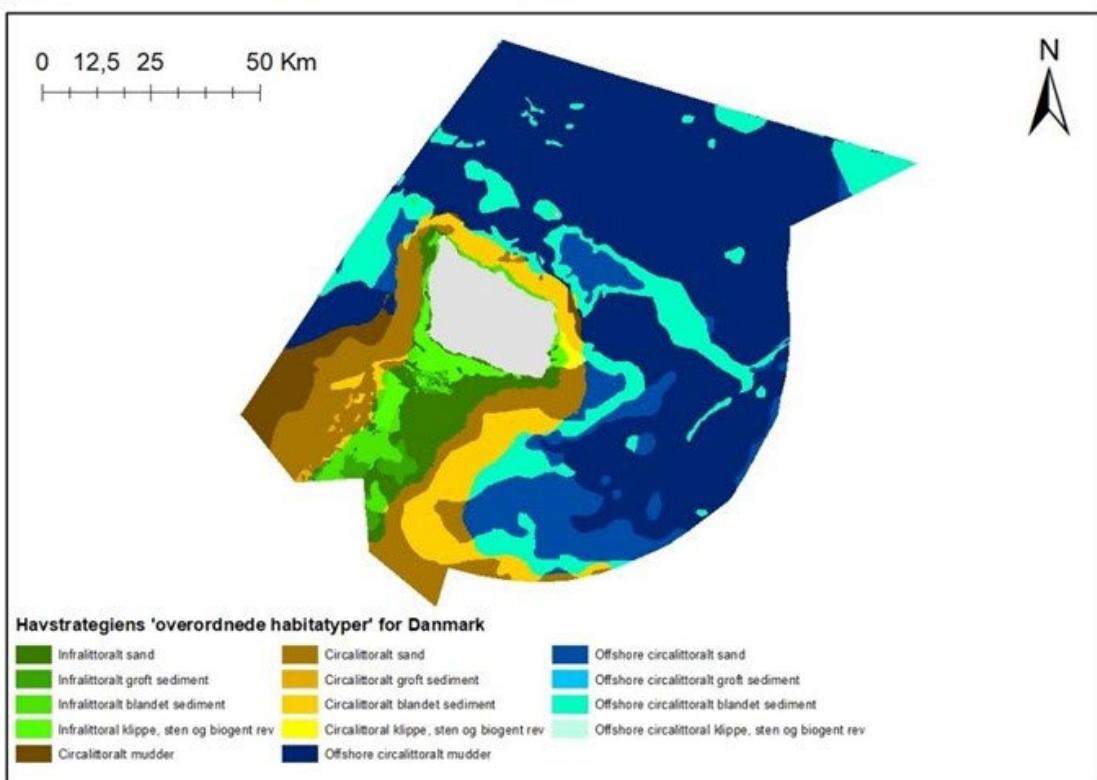
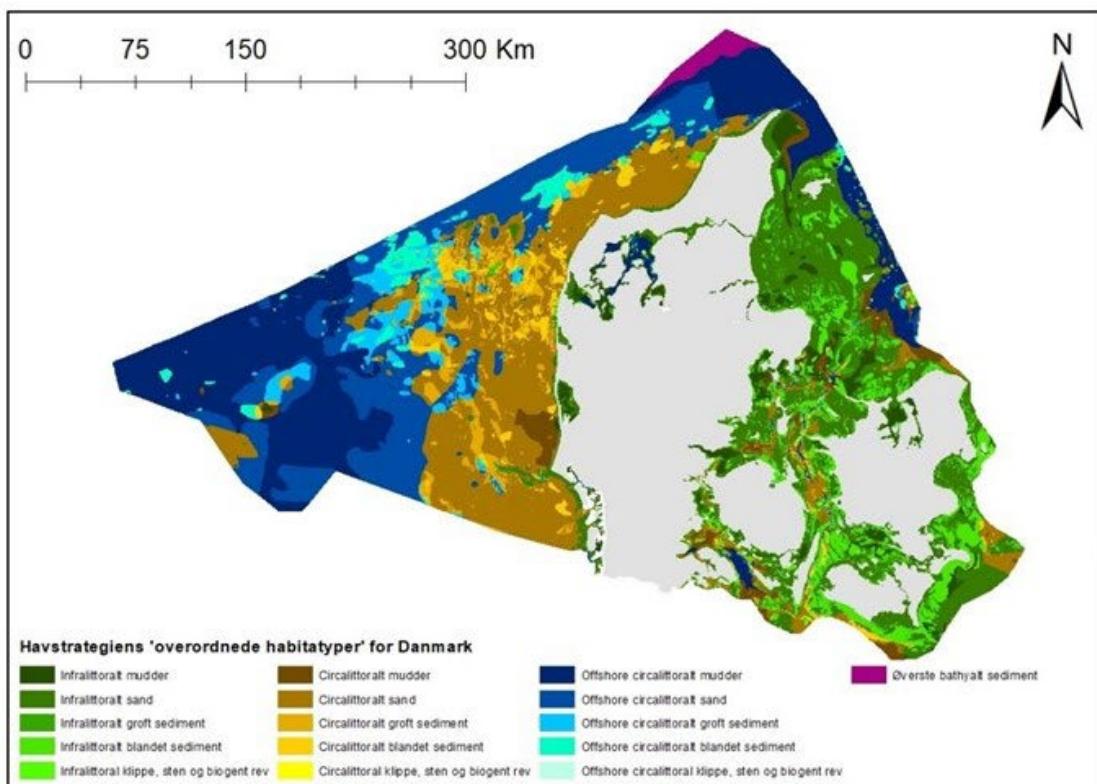


Abb. 6.87. Die übergeordneten Lebensraumtypen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie in dänischen Gewässern (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2025).

In der Zustandsbewertung im Rahmen der Meeresstrategie III wird geschätzt, dass insgesamt 57,6 % der Lebensräume in der Nordsee und 12 % der Lebensräume in der Ostsee gestört sind, was u. a. auf Fischerei mit Grundsleppnetzen, Kabel, Küstenschutz, Baggerarbeiten, Rohstoffabbau, Offshore-Windkraftanlagen, Aquakultur und Schiffsverkehr zurückzuführen ist (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2025). Im Allgemeinen wird eine Störung als eine Veränderung des Lebensraums definiert, die aufhört, wenn die Auswirkungen aufhören. Demnach wurden 97,5 % des übergeordneten Lebensraumtyps Oberes Tiefseesediment, der nur im Skagerrak vor kommt, im Zeitraum 2017 bis 2022 gestört, hauptsächlich aufgrund von Fischerei mit Grundsleppnetzen.

Unter physischem Verlust versteht man eine permanente Veränderung des Lebensraumtyps, die länger als zwölf Jahre andauert. Physischer Verlust kann bei der Verlegung von Kabeln, beim Küstenschutz, auf Deponien, bei der Rohstoffgewinnung, in der Aquakultur, bei Rohrleitungen, auf Bohrinseln, in Brunnen und beim Aufbau von Windkraftanlagen verursacht werden. Für den Zeitraum 2017 bis 2022 gingen aufgrund dauerhafter Veränderungen des natürlichen Untergrunds oder der Morphologie des Meeresbodens 0,70 % des Meeresbodens in der Nordsee und 0,99 % des Meeresbodens in der Ostsee verloren. Die Veränderungen sind entweder auf physische Strukturen zurückzuführen, die auf dem Meeresboden platziert werden (z. B. Fundamente für Offshore-Windkraftanlagen) oder auf Substratverlust, beispielsweise durch die Gewinnung von Meeresbodenmaterialien (z. B. Rohstoffabbau). Der größte Druckfaktor ist die Rohstoffgewinnung.

#### 6.3.4 Bewertung von Umweltauswirkungen

Die konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekte erfordern einen Einzelantrag, eine Fallbearbeitung und eine Genehmigung mitsamt unabhängigen Bewertungen gemäß den geltenden Umweltvorschriften. In der Praxis bedeutet dies, dass Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht in geschützten und streng geschützten Meeresstrategiegebieten angesiedelt werden dürfen (vgl. Meeresstrategie). Es wird daher davon ausgegangen, dass die Änderungen in der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass die geltenden Rechtsvorschriften eingehalten werden, da die Durchführungsverordnung diese lediglich ergänzt. Dies bedeutet, dass Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht in streng geschützten strategischen Meeresgebieten angesiedelt werden und nur dann in allgemein geschützten strategischen Meeresgebieten angesiedelt werden können, wenn durch eine spezifische Prüfung eine Beeinträchtigung der Integrität des Gebiets ausgeschlossen werden kann.

Auch Meeresgebiete außerhalb der ausgewiesenen Meeresstrategiegebiete können von den Änderungen der Durchführungsverordnung betroffen sein, wenn Umweltziele und Maßnahmen für einen guten Umweltzustand im Rahmen der elf Deskriptoren der Meeresstrategie behindert werden. In Tabel 6.4. werden der Zustand und die Umweltziele für die einzelnen Deskriptoren dargestellt, vgl. Dänemarks Meeresstrategie. Darüber hinaus enthält die Tabelle eine Einschätzung möglicher Auswirkungen der Änderung der Durchführungsverordnung.

Die Bewertungen basieren auf den Bewertungen zu Oberflächengewässern, Arten des Anhangs IV, Natura-2000-Gebieten und sonstiger Natur, da die Umweltziele für mehrere der Deskriptoren auf den Rechtsvorschriften beruhen, denen die genannten Themenfelder unterliegen. Es wird jeweils auf den/die entsprechenden Abschnitt(e) verwiesen, auf dem/denen die Bewertung basiert. Die Durchführungsverordnung zur CO<sub>2</sub>-Speicherung gilt für das gesamte dänische Meeresgebiet und nicht für bestimmte Gebiete. Die Bewertungen erfolgen daher auf einer allgemeinen Ebene, die der im Plan geregelten Ebene entspricht, wobei z. B. der konkrete Standort, die Mengen, die Methoden usw. für künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht berücksichtigt wurden.

*Tabelle 6.4. Beschreibung des guten Umweltzustands (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2025) und der Umweltziele für die einzelnen Umweltaspekte (Miljø- og fødevareministeriet, 2019) sowie eine Bewertung der möglichen Auswirkungen der Änderungen der Durchführungsverordnung auf die elf Deskriptoren der Meeresstrategie.*

<b>D1 Biologische Vielfalt</b>	
<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Die biologische Vielfalt bleibt erhalten, die Artendichte entspricht den vorherrschenden Bedingungen und der Zustand des Lebensraumtyps wird nicht durch anthropogene Belastungen beeinträchtigt.
<b>Umweltziele</b>	<p>Vögel: 1.2: Für Vögel werden Populationen und Lebensräume im Einklang mit den Zielen der Vogelschutzrichtlinie erhalten und geschützt.</p> <p>Säugetiere: 1.8: Schweinswal, Seehund und Kegelrobbe erreichen einen günstigen Erhaltungszustand gemäß dem in der FFH-Richtlinie festgelegten Zeithorizont</p> <p>Fische: (nur operative Umweltziele)</p> <p>Pelagische Lebensräume: 1.13: Die Planktonhäufigkeit folgt dem langjährigen Durchschnitt.</p>
<b>Bewertung D1</b>	<p>Der Umweltzustand der Biodiversität D1 wird anhand von nicht kommerziell genutzten Fischen, Meeressäugern, Vögeln und pelagischen Lebensräumen betrachtet. Fische, Vögel und Meeressäuger können durch Impulslärm, Dauerlärm, Sedimentausbreitung und Sedimentation, Lebensraumveränderungen und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zusammenhang mit bestimmten Projekten beeinträchtigt werden. Die Vielfalt der Primärproduzenten wird hingegen von der Jahreszeit, der Hydrografia sowie den physikalischen (Wind und Meeresströmungen) und chemischen Bedingungen (Salzgehalt und Nährstoffe) beeinflusst, während Zooplankton das Phytoplankton mit Tieren verbindet, die weiter oben in der Nahrungskette stehen.</p> <p>Es besteht kein Grund zu der Annahme, dass pelagische Lebensräume beeinträchtigt werden, da konkrete Pilot- und Demonstrationsprojekte keinen Einfluss auf die genannten Faktoren haben, die pelagische Lebensräume beeinflussen. In Abschnitt 6.2.2 zur marinen Biodiversität und den dazugehörigen Abschnitten wird davon ausgegangen, dass erhebliche Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden können, wenn ein Projekt in Natura-2000-Gebieten oder in der Nähe empfindlicher Brut- und/oder Rastgebiete für Vögel, Fische und Meeressäugetiere liegt. Es wird jedoch auch festgestellt, dass es möglich ist, Lösungen für die Umsetzung bestimmter Projekte auf See zu finden, bei denen erhebliche Auswirkungen ausgeschlossen werden können und die somit nicht im Widerspruch zu den Umweltzielen der Meeresstrategie stehen.</p> <p>Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D1 – Biodiversität – nicht behindern.</p>
<b>D2 Nicht einheimische Arten</b>	

<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Die Einführung nicht einheimischer Arten durch menschliche Aktivitäten wird minimiert und, wenn möglich, auf Null reduziert, und die geografische Verbreitung hat keine negativen Auswirkungen auf Meeresarten und -lebensräume.
<b>Umweltziele</b>	<p>2.1: Die Zahl neuer nicht einheimischer Arten, die durch Ballastwasser, Verschmutzung und andere relevante menschliche Aktivitäten eingeführt werden, nimmt ab.</p> <p>2.2: Die Ausbreitung bestimmter invasiver Arten ist soweit wie möglich auf einem Niveau, bei dem erhebliche negative Auswirkungen stabil bleiben oder abnehmen.</p>
<b>Bewertung D2</b>	<p>Hartbodenstrukturen wie Injektionsbrunnen und feste Plattformen können als Trittsteine für die Einführung nicht einheimischer Arten dienen, die harte Böden bevorzugen. Dies ist besonders in Gebieten der Fall, in denen es an hartem Boden mangelt, wie in der mittleren und südlichen Nordsee (Dahl, Hansen, Pedersen, Lønborg, &amp; Göke, 2022). Die Fläche neugebauter Injektionsbrunnen wird äußerst begrenzt sein. Obwohl die Änderungen der Durchführungsverordnung Pilot- und Demonstrationsprojekte im gesamten dänischen Meeresgebiet ermöglichen, wird erwartet, dass die Offshore-Projekte größtenteils bestehende Öl- und Gasfelder und die dazugehörige Infrastruktur nutzen werden (siehe Abschnitt 3.7). Somit führen die Änderungen in der Durchführungsverordnung voraussichtlich nicht zu zusätzlichem harten Untergrund, der als Trittsteine dienen kann.</p> <p>Angesichts der begrenzten Fläche neugebauter Injektionsbrunnen und der Tatsache, dass voraussichtlich die vorhandene Infrastruktur genutzt wird, wird davon ausgegangen, dass die Änderungen in der Durchführungsverordnung isoliert betrachtet weder zu einer verstärkten Verbreitung bereits eingeführter nicht einheimischer Arten noch zu einem deutlich erhöhten Risiko der Einführung neuer nicht einheimischer Arten beitragen werden.</p> <p>Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D2 – nicht einheimische Arten – nicht behindern.</p>

### D3 Kommerziell genutzte Fischbestände

<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Die Populationen aller kommerziell genutzten Fisch- und Schalentierarten liegen innerhalb sicherer biologischer Grenzen und weisen eine Alters- und Größenverteilung auf, die auf eine gesunde Population schließen lässt.
<b>Umweltziele</b>	<p>3.1: Die Zahl der kommerziell befischten Bestände, die nach den MSY-Grundsätzen der Gemeinsamen Fischereipolitik reguliert werden, nimmt zu.</p> <p>3.2: Im Rahmen der Gemeinsamen Fischereipolitik liegt die fischereiliche Sterblichkeit (<math>F</math>) auf einem Niveau, das den höchstmöglichen Dauerertrag gewährleistet (<math>F_{MSY}</math>).</p> <p>3.3: Im Rahmen der Gemeinsamen Fischereipolitik liegt die Bestandsbiomasse (<math>B</math>) über dem Niveau, das den höchstmöglichen Dauerertrag gewährleisten kann (<math>B_{MSYtrigger}</math>).</p>
<b>Bewertung D3</b>	<p>D3 wird negativ beeinflusst, wenn sich die Auswirkungen negativ auf die Fischbestände und somit auf die Fähigkeit auswirken, einen höchstmöglichen Dauerertrag zu gewährleisten. Beispielsweise durch die Beeinträchtigung großer, wichtiger Laichgebiete.</p> <p>Obwohl die Änderungen in der Durchführungsverordnung Pilot- und Demonstrationsprojekte im gesamten dänischen Meeresgebiet ermöglichen, werden Auswirkungen wie Sedimenteintrag, Lebensraumverlust oder Verdrängung durch Unterwasserlärm lokaler und vorübergehender Natur sein, so dass sie keine Auswirkungen auf die kommerziell genutzten Fischbestände haben können (sonstige marine Natur und 6.2.2 Natura 2000)</p>

	Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D3 – kommerziell genutzte Fischbestände – nicht behindern.
<b>D4 Marines Nahrungsnetz</b>	
<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Alle Elemente des marinen Nahrungsnetzes sind, soweit bekannt, vorhanden und kommen in normaler Dichte und Vielfalt sowie in einem Ausmaß vor, das eine langfristige Artendichte und die Aufrechterhaltung der vollen Reproduktionsfähigkeit der Art ermöglicht.
<b>Umweltziele</b>	Im Meeresstrategiedeskriptor D4 wird auf die Umweltziele für D1 verwiesen.
<b>Bewertung D4</b>	<p>In Dänemarks Meeresstrategie wurden aufgrund fehlender Daten zum Umweltzustand des marinen Nahrungsnetzes keine spezifischen Umweltziele für D4 festgelegt. Daher wird auf die Umweltziele zu D1 verwiesen, da die beiden Deskriptoren aufeinander aufbauen.</p> <p>Da die Änderungen der Durchführungsverordnung voraussichtlich keine negativen Auswirkungen auf den Umweltzustand von D1 haben, wird ebenfalls davon ausgegangen, dass die Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D4 – marines Nahrungsnetz – nicht behindern.</p>
<b>D5 Eutrophierung</b>	
<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Die vom Menschen verursachte Eutrophierung wird minimiert, insbesondere ihre negativen Auswirkungen wie der Verlust der Artenvielfalt, die Verschlechterung der Ökosysteme, schädliche Algenblüten und die Sauerstoffverarmung am Meeresboden.
<b>Umweltziele</b>	<p>5.2: Der dänische Anteil der Stickstoff- und Phosphoreinträge (TN, TP) richtet sich nach den in HELCOM festgelegten maximal zulässigen Einträgen.</p> <p>5.3: Küstengewässer: Die gemäß der Wasserrahmenrichtlinie festgelegten Höchstwerte und Maßnahmen für Fjorde und Küstengewässer werden eingehalten. Zielwerte und Maßnahmen sind in den dänischen Gewässerplänen festgelegt.</p>
<b>Bewertung D5</b>	<p>Die Änderung der Durchführungsverordnung hat keine Auswirkungen in Form von Eutrophierungseffekten.</p> <p>Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D5 – Eutrophierung – nicht behindern.</p>
<b>D6 Unversehrtheit des Meeresbodens</b>	
<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Die Unversehrtheit des Meeresbodens ist auf einem Niveau, auf dem die Struktur und Funktionen der Ökosysteme sowie die biologische Vielfalt des Meeresbodens erhalten bleiben und das Ausmaß der Verluste und negativen Auswirkungen pro Lebensraumtyp die künftigen, in der EU festgelegten Schwellenwerte nicht überschreitet.
<b>Umweltziele</b>	<p>6.5: Die marinen Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie erreichen einen günstigen Erhaltungszustand entsprechend dem in der FFH-Richtlinie festgelegten Zeithorizont.</p> <p>6.7: Die wesentlichen Lebensräume umfassen die Arten und Bestände, die in dänischen Meeresgebieten häufig vorkommen.</p>
<b>Bewertung D6</b>	<p>Änderungen der Durchführungsverordnung ermöglichen grundsätzlich Pilot- und Demonstrationsprojekte in Natura-2000-Gebieten, die für marine Lebensraumtypen ausgewiesen sind, sowie in geschützten Meeresstrategiegebieten. Darüber hinaus könnten die insgesamt 16 Lebensraumtypen in dänischen Gewässern betroffen sein. Zu den Auswirkungen können Sedimentausträge im Zusammenhang mit den Bautätigkeiten der jeweiligen Projekte und der Verlust von Lebensraum während der Errichtung dauerhafter Anlagen gehören. Im Allgemeinen handelt es sich hierbei um eine vorübergehende Auswirkung, da die Durchführungsverordnung Projekte für bis zu zwei Jahre zulässt. Danach wird der Brunnen versiegelt, um ein Wandern von CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch nach oben zu verhindern. Bei einer Versiegelung des Brunnens muss mit einem permanenten Verlust von Lebensraum und lokalen Auswirkungen gerechnet werden.</p>

	<p>Auf der derzeitigen Grundlage, bei der z. B. der konkrete Standort, die Mengen, die Methoden usw. für künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte noch nicht feststehen, können erhebliche Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen nicht ausgeschlossen werden. Ob die konkreten Projekte Auswirkungen haben werden, hängt vom jeweiligen Standort, der Größe der Anlage und der Baumethode ab. Für die Genehmigung der jeweiligen Projekte sind die geltenden Umweltvorschriften, einschließlich der FFH-Richtlinie und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, einzuhalten. Daher wird davon ausgegangen, dass die von der Durchführungsverordnung erfassten Projekte im Rahmen und Geltungsbereich der Durchführungsverordnung umgesetzt werden können, ohne dass es zu erheblichen Auswirkungen auf marine Lebensraumtypen kommt.</p> <p>Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen an der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D6 – Unversehrtheit des Meeresbodens – nicht behindern.</p>
--	---

#### D7 Hydrografische Veränderungen

<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Eine dauerhafte Veränderung der hydrografischen Eigenschaften hat keine negativen Auswirkungen auf die Meeresökosysteme.
<b>Umweltziele</b>	7.1: Vom Menschen verursachte Aktivitäten, insbesondere solche, die zu einem physischen Verlust des Meeresbodens und permanenten hydrografischen Veränderungen führen, haben nur lokale Auswirkungen auf den Meeresboden und die Wassersäule und werden unter Berücksichtigung der Umwelt und des technisch Möglichen und wirtschaftlich Zumutbaren konzipiert, um schädliche Auswirkungen auf den Meeresboden und die Wassersäule zu verhindern.
<b>Bewertung D7</b>	<p>. Mit der Änderung der Durchführungsverordnung könnte es durch die Errichtung von Plattformen und CO<sub>2</sub>-Lagerstätten möglicherweise zu hydrografischen Veränderungen in anderen Seegebieten als den derzeit ausgewiesenen Gebieten in der Nordsee kommen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass etwaige Anlagen so begrenzt sein werden, dass sie nur geringe und rein lokale Auswirkungen auf den Meeresboden und die Wassersäule haben werden. Darüber hinaus sind Projekte im Rahmen der Durchführungsverordnung zeitlich auf zwei Jahre begrenzt, wonach mit einem Rückbau der Anlagen zu rechnen ist. Daher wird es zu keinen dauerhaften Auswirkungen kommen.</p> <p>Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D7 – Hydrografische Veränderungen – nicht behindern.</p>

#### D8 Schadstoffe

<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	<p>Schadstoffe (Konzentrationen und Artengesundheit): Die Schadstoffkonzentrationen überschreiten festgelegte Grenzwerte nicht.</p> <p>Schadstoffe (akute Ereignisse): Die negativen Auswirkungen erheblicher akuter Schadstoffereignisse auf die Gesundheit der Arten und den Zustand der Lebensräume werden minimiert und soweit wie möglich vermieden.</p>
<b>Umweltziele</b>	<p>8.1: Die Einleitung von Schadstoffen in Gewässer, Sedimente und lebende Organismen darf nicht zu einer Überschreitung der in der geltenden Gesetzgebung festgelegten Umweltqualitätsstandards führen (D8C1 und D8C2).</p> <p>8.2: Emissionen, Einleitungen und Verluste von PBDEs und Quecksilber werden gestoppt oder schrittweise eingestellt (D8C1).</p> <p>8.4: Bei Meeresschnecken ist ein allmählicher Rückgang der Imposex-/Intersex-Werte zu beobachten (D8C2).</p> <p>8.9: Durch Prävention, Monitoring und risikobasierte Dimensionierung der Notfallvorsorge werden Auftreten und Ausmaß akuter Schadstoffereignisse kontinuierlich und soweit wie möglich reduziert (D8C3).</p>

	8.10: Die negativen Auswirkungen auf Meeressäugetiere und Vögel im Falle erheblicher akuter Verschmutzungereignisse werden soweit wie möglich verhindert und minimiert. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz schwimmender Ölsperrten und durch Notfallpläne für Ölunfälle gewährleistet werden.
<b>Bewertung D8</b>	Bei der Errichtung von Anlagen im Rahmen der Durchführung von Pilot- und Demonstrationsprojekten kann es zu Beeinträchtigungen der Meeresumwelt durch Sedimenteintrag, Öl und Chemikalien kommen, was u. a. zur Freisetzung und Verbreitung umweltgefährdender Schadstoffe führen kann. In Abschnitt 6.1.1 wird dargelegt, dass es möglich ist, die notwendigen Überlegungen einzubeziehen, so dass die Änderungen der Durchführungsverordnung den Zustand der biologischen Qualitätskomponenten und umweltgefährdenden Schadstoffe nicht beeinträchtigen werden. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in den Meeresgebieten in Bezug auf D8 – Schadstoffe – nicht behindern.
<b>D9 Schadstoffe in Fischen und Meeresfrüchten für den menschlichen Verzehr</b>	
<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Ein guter Umweltzustand liegt vor, wenn es bei Fischen und Meeresfrüchten für den menschlichen Verzehr keine signifikanten Überschreitungen der geltenden Höchstwerte im Lebensmittelrecht gibt.
<b>Umweltziele</b>	9.1: Schadstoffeinleitungen dürfen grundsätzlich zu keinem Zeitpunkt zu Überschreitungen der lebensmittelrechtlichen Höchstgrenzwerte für Fische und Meeresfrüchte zum menschlichen Verzehr führen.
<b>Bewertung D9</b>	Die Umweltziele für Deskriptor 9 können in die Umweltziele für Deskriptor 8 – Schadstoffe – einbezogen werden. Potenzielle Auswirkungen auf diesen Deskriptor werden daher im obigen Deskriptor behandelt.  Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen an der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in den Meeresgebieten in Bezug auf D9 – Schadstoffe in Fischen und Meeresfrüchten für den menschlichen Verzehr – nicht behindern.
<b>D10 Meeresmüll</b>	
<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Die Eigenschaften und Mengen des Meeresmülls schädigen die Küsten- und Meeresumwelt nicht.
<b>Umweltziele</b>	10.1: Um das UN-Ziel zu erreichen, Meeresmüll bis 2025 zu verhindern und deutlich zu reduzieren, wird die Menge an Meeresmüll erheblich reduziert.
<b>Bewertung D10</b>	Es gibt keine Änderungen an der Durchführungsverordnung, die Auswirkungen durch Meeresmüll zur Folge hätten.  Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D10 – Meeresmüll – nicht behindern.
<b>D11 Unterwasserlärm</b>	
<b>Allgemeine Beschreibung des guten Umweltzustands</b>	Der Unterwasserlärm ist auf einem Niveau, das die Meeresumwelt nicht negativ beeinflusst.
<b>Umweltziele</b>	11.1 Meerestiere im Sinne der FFH-Richtlinie werden möglichst keinem Impulslärm ausgesetzt, die permanente Hörschäden verursachen (AUD INJ).

	<p>11.2: Menschliche Aktivitäten, die Impulslärm verursachen, werden so geplant, dass direkte schädliche Auswirkungen auf gefährdete Populationen von Meerestieren räumlich, zeitlich und in der Höhe so weit wie möglich vermieden werden und dass die Auswirkungen voraussichtlich keine langfristigen negativen Auswirkungen auf Populationsebene haben.</p> <p>11.4: Im Zusammenhang mit der Durchführung seismischer Machbarkeitsstudien werden ausreichende vorbeugende Maßnahmen gemäß den Leitlinien der dänischen Energieagentur zu Standardauflagen für Machbarkeitsstudien auf See umgesetzt.</p>
<b>Bewertung D11</b>	<p>Meerestiere können durch impulshaltigen Unterwasserlärm im Zusammenhang mit seismischen, geotechnischen und geophysikalischen Untersuchungen sowie durch Rammarbeiten für etwaige Brunnenverrohrungen im Zusammenhang mit den durch die Durchführungsverordnung ermöglichten spezifischen Projekten beeinträchtigt werden. Dies kann über eine größere Entfernung zu AUD INJ, TTS und Verhaltenseffekten führen. Es wird erwartet, dass ggfs. Auflagen zu Minderungsmaßnahmen und ggfs. Auflagen zur Lärmdämpfung beim Eintreiben der Brunnenverrohrungen entsprechend der bestehenden Praxis festgelegt werden. Darüber hinaus können konkrete Projekte so geplant werden, dass schädliche Auswirkungen zeitlich und räumlich vermieden werden und es zu keinen langfristigen Auswirkungen auf die Population kommt (siehe Abschnitt 6.2.1 zu Arten des Anhangs IV, 6.2.2 über Natura 2000 und Abschnitt 6.2.4 über sonstige marine Natur).</p> <p>Insgesamt wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Durchführungsverordnung so umgesetzt werden können, dass sie die Erreichung eines guten Umweltzustands in Meeresgebieten in Bezug auf D11 – Unterwasserlärm – nicht behindern.</p>

### **6.3.5 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen**

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch den Plan ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob es insgesamt zu erheblichen Auswirkungen im Hinblick auf die Descriptoren der Meeresstrategie kommt. Die kumulativen Auswirkungen hängen vom Standort und der Installation der Infrastruktur zur geologischen Speicherung CO<sub>2</sub> sowie von der zeitlichen und räumlichen Verteilung anderer Pläne oder Projekte ab. Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich auf dieser gesamtstrategischen Ebene nicht beurteilen. Es wird jedoch auf die für Anhang IV-Arten und Natura-2000-Gebiete beschriebenen potenziellen kumulativen Auswirkungen als Beispiel verwiesen, da diese möglicherweise Auswirkungen auf die Umweltziele und -bemühungen der Meeresstrategie haben könnten. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen oder Projekten der dänischen Meeresstrategie kommt.

### **6.3.6 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen**

Es wird davon ausgegangen, dass keine Notwendigkeit für eine Überwachung besteht, die über die in anderen Umweltgesetzen vorgesehene und in Abschnitt 6.1 zum Thema Wasser und Wasserplanung sowie 6.2 zur marinen Biodiversität vorgeschlagene Überwachung hinausgeht.

## **6.4 Bevölkerung und Sachgüter**

### **6.4.1 Grenzüberschreitende Auswirkungen auf Bevölkerung und Sachgüter**

Bevölkerung und Sachgüter befassen sich mit der sozialen und sozioökonomischen Dimension und konzentrieren sich auf die Existenz, Aktivitäten und das Wohlergehen von Menschen als Gruppe. Die Bewertung der möglichen Auswirkungen der Durchführungsverordnung auf Sachgüter umfasst sowohl vom Menschen geschaffene

als auch natürliche Güter. Land- und Meeresflächen stellen im Hinblick auf potenzielle Nutzungen eine Ressource dar, darunter landwirtschaftliche Betriebe, kommerzielle Fischerei und die Errichtung von Anlagen, Schifffahrt usw. Die Bewertung befasst sich mit den potenziellen Änderungen der allgemeinen Landnutzungsoptionen und konzentriert sich dabei auf die ökologischen und funktionalen Auswirkungen, nicht auf den direkten wirtschaftlichen Wert der Güter.

## **Landnutzung**

Dieser Abschnitt beinhaltet eine Gesamtbewertung der Bedeutung der Verabschiedung der Durchführungsverordnung für die Landnutzung an Land, auf See und in Küstennähe, einschließlich der Auswirkungen der Landnutzung im Zusammenhang mit Schifffahrt, landwirtschaftlichen Betrieben und Fischerei.

Land- und Meeresflächen werden für verschiedene Zwecke genutzt. Die Landnutzung erfüllt viele Funktionen, die Sachgüter und gesellschaftliche Interessen konstituieren und unterstützen. An Land dienen die Flächen u. a. der Landwirtschaft, der Industrie und dem Gewerbe, der Stadt- und Ferienhausnutzung, der Rohstoffgewinnung, der Erholung sowie Natur- und Waldflächen. Das Meeresgebiet wird für eine Reihe von Zwecken wie Fischerei, Schifffahrt, Freizeitinteressen, Rohstoffgewinnung, Naturgebiete usw. genutzt.

Die Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten kann möglicherweise Auswirkungen auf die Landnutzung an Land und auf See haben. Auf dem Land wird die Nutzung gemäß den nationalen Raumordnungsgesetzen geregelt. Auf See wird die Landnutzung u. a. im Seerechtsübereinkommen und anderen internationalen Abkommen (z. B. Helsinki-Übereinkommen) sowie in der EU-Richtlinie zur Schaffung eines Rahmens für die maritime Raumordnung geregelt. Ziel der Planung ist die Förderung einer nachhaltigen Nutzung der Meeresgebiete und -ressourcen unter Berücksichtigung bestehender Nutzungen und potenzieller Flächenkonflikte.

## *Bewertung von Umweltauswirkungen*

Während der Bauphase werden im Rahmen von Pilot- und Demonstrationsprojekten in Dänemark vorübergehend Flächen für Zufahrtsstraßen, Baustellen usw. im Zusammenhang mit der Errichtung von Lagerstätten und zugehörigen technischen Anlagen genutzt. Der Flächenbedarf hierfür dürfte je nach Anzahl der Injektions- und Überwachungsbohrungen, Zufahrtsstraßen etc. bei etwa 0,5 bis 2 Hektar pro Standort liegen. Die Bauzeit für Pilot- und Demonstrationsprojekte wird voraussichtlich 12 bis 24 Monate betragen. Auf See könnten die Bauarbeiten im Bohrgebiet und den dazugehörigen Anlagen in Dänemark möglicherweise bestehende Nutzungen wie Schifffahrt, Rohstoffgewinnung und Freizeitaktivitäten beeinträchtigen. In Bezug auf Schiffsverkehr und Sicherheit, auch in Bezug auf internationale Schifffahrtsrouten usw., werden die Einrichtungen auf See gemäß bewährten Verfahren und internationalen Standards (IALA) gekennzeichnet, u. a. durch Markierungen auf Seekarten und physische Navigationsmarkierungen. Es ist nicht vorgesehen, dass an Land oder auf See Pipelines oder andere Infrastrukturen errichtet werden. Die Auswirkungen an Land und auf See im Zusammenhang mit der Landnutzung dürften daher in Dänemark flächenmäßig begrenzt, vorübergehend und lokal begrenzt und somit nicht erheblich sein. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es während der Bauphase zu keinen grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen kommt.

In der Betriebsphase wird CO<sub>2</sub> über Injektionsbrunnen in geologische Reservoirs injiziert. Der Gesamtflächenbedarf für die Lagerstätten wird voraussichtlich bei etwa 0,5 bis 2 Hektar pro Standort liegen. Lediglich oberirdische Anlagen, darunter auch Sicherheitszonen, können potenziell Auswirkungen auf die Landnutzung haben. Das geologische Reservoir liegt in der Regel tiefer als 800 m unter der Erdoberfläche und hat daher keine nennenswerten Auswirkungen auf Landnutzungsinteressen wie Landwirtschaft, Rohstoffgewinnung usw. Die

Auswirkungen von CO<sub>2</sub>-Leckagen aus dem Boden und dem Untergrund, die sich beispielsweise auf landwirtschaftliche Flächen auswirken können, werden in Abschnitt 6.6 beschrieben. Dabei handelt es sich um zeitlich begrenzte Pilot- und Demonstrationsprojekte mit einer Laufzeit von bis zu zwei Jahren und einem begrenzten Gesamtspeichervolumen von weniger als 100 kt CO<sub>2</sub>. In Bezug auf Schiffsverkehr und Sicherheit, auch in Bezug auf internationale Schifffahrtsrouten usw., werden die Anlagen der Pilot- und Demonstrationsprojekte auf See gemäß bewährten Verfahren und internationalen Standards (IALA, 2021) gekennzeichnet, u. a. durch Markierungen auf Seekarten und physische Navigationsmarkierungen. Das bedeutet, dass diese problemlos umfahren werden können. Gleichzeitig ist für die temporären Pilot- und Demonstrationsprojekte nicht mit der Errichtung von Pipelines oder anderer Infrastruktur an Land oder auf See zu rechnen. Die Auswirkungen an Land und auf See im Zusammenhang mit der Landnutzung werden daher als lokal und flächenmäßig begrenzt sowie vorübergehend für bis zu zwei Jahre eingeschätzt. Die Auswirkungen während der Betriebsphase werden daher als nicht erheblich eingeschätzt. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es während der Betriebsphase zu keinen grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen kommt.

Nach Abschluss der Pilot- und Demonstrationsprojekte werden die Anlagen rückgebaut und die Flächen entsprechend den geltenden Umweltauflagen wiederhergestellt. Hierzu zählen an Land u. a. der Rückbau technischer Anlagen und die Versiegelung von Injektionsbrunnen. Auf See werden die Bohrplattformen und zugehörigen Strukturen entfernt und der Meeresboden wiederhergestellt. Die Baumaßnahmen im Zusammenhang mit der Stilllegung werden mit den Baumaßnahmen während der Bauphase vergleichbar sein. Die Auswirkungen auf die Landnutzung werden daher als räumlich begrenzt, vorübergehend und lokal sowohl auf Meeres- als auch auf Landflächen eingeschätzt und haben somit keinen grenzüberschreitenden Charakter. Die Auswirkungen werden daher als nicht erheblich eingeschätzt.

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch den Plan ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob es insgesamt zu erheblichen Auswirkungen im Hinblick auf die Landnutzung kommt. Die Kumulierung mit regionalen, kommunalen und lokalen Plänen hängt vom Standort des konkreten Projekts ab, der noch nicht entschieden ist. Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich somit auf dieser gesamtstrategischen Ebene nicht beurteilen. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen, auch in Nachbarländern, kommt.

## Fischerei

Die kommerzielle Fischerei umfasst verschiedene Formen der Fischerei, die in aktive und passive Fanggerätetypen unterteilt sind. Beim Fischen mit passivem Fanggerät (Netze, Grundstellnetze, Fallen, Reusen, Haken usw.) geht es darum, Fische und teilweise auch Schalentiere zu fangen, die in ihrer Bewegung mit stationären Fanggeräten festgehalten werden, während beim Fischen mit aktiven Geräten (pelagische Schleppnetze, Grundsleppnetze, Baumkurren, Dredgen, Snurrewaden usw.) die Fische aktiv über den Meeresboden oder durch das Wasser bewegt werden. Bei der Fischerei mit Grundstellnetzen (dä. *bundgarn*), wie sie insbesondere in Dänemark verbreitet ist, werden Fangarme und der sogenannte „Fanghof“/Stellnetzkopf an in den Meeresboden getriebenen Pfählen aufgehängt. Diese Form der Fischerei wird an genau definierten flachen Stellen in Küstennähe (in max. 1 bis 2 km Entfernung) betrieben.

Der Internationale Rat für Meeresforschung (ICES) hat alle Gewässer in Rechtecke von etwa 30 x 30 Seemeilen (ca. 3.500 km<sup>2</sup>) unterteilt, in denen Fischereischiffe ihre Fänge für jedes der jeweiligen ICES-Rechtecke, in denen

Fänge getätigt werden, aufzeichnen müssen. Kleinere Schiffe (<10 m in der Nordsee, ansonsten <8 m), die oft näher an der Küste fischen als größere Schiffe, müssen lediglich sogenannte „Gewässererklärungen“ (dä. *farvandserklæring*) ausfüllen, in denen die Fänge einfach den ICES-Untergebieten zugeordnet werden (ICES, 2017).

Die Fischerei kann außerdem nach der Verwendung der Fänge unterteilt werden: Die industrielle Fischerei verwendet die Fänge (vor allem Sandaal und Sprotte, teilweise aber auch Hering und Bastardmakrele) zur Herstellung von Fischmehl und -öl, während die Fänge der Verbraucherfischerei (vor allem Plattfischarten wie Scholle, Kliesche, Flunder, Seezunge, Steinbutt, Glattbutt und Rotzunge sowie verschiedene Dorsch-Arten wie Kabeljau, Schellfisch und Hechtdorsch) hauptsächlich für den menschlichen Verzehr verwendet werden. Die industrielle Fischerei wird ausschließlich mit Schleppnetzen betrieben, sowohl mit speziellen Grundsleppnetzen für den Sandaalfang als auch mit pelagischen Schleppnetzen, die überwiegend auf Sprotten abzielen.

Die kommerzielle Fischerei wird u. a. nach den Vorschriften der Gemeinsamen Fischereipolitik der EU (GFP) verwaltet, einem gesamteuropäischen Abkommen zur gemeinsamen Bewirtschaftung der europäischen Fischereiflotte und der Fischbestände. Das übergeordnete Ziel besteht darin, eine nachhaltige Nutzung der Fischbestände sicherzustellen. Daher werden jedes Jahr Quoten für den Höchstfang der wichtigsten Fischarten festgelegt.

#### *Bewertung von Umweltauswirkungen*

Die Durchführungsverordnung regelt die Genehmigungen für die Errichtung von Pilot- und Demonstrationsprojekten. Die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten können sich potenziell sowohl in der Bau- und Betriebsphase als auch in der Stilllegungsphase auf die kommerzielle Fischerei auswirken, indem sie die Fischerei in den umliegenden Gebieten einschränken und die Fischbestände in dem Gebiet beeinträchtigen.

Die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Errichtung und Stilllegung von Anlagen auf dem Meeresboden und möglichen Injektionsplattformen können Auswirkungen auf die kommerzielle Fischerei haben, und zwar in Form von Beschränkungen der gesamten Fischerei durch vorübergehende lokale Sperrgebiete (Sicherheitszonen) aus Gründen der Schifffahrtssicherheit, in denen Schifffahrt und Fischerei nicht gestattet sind. Im schlimmsten Fall ist während der Bau- und Stilllegungszeit aufgrund eines Zugangs- und Schifffahrtsverbots in der Sicherheitszone rund um die Bautätigkeiten jegliche Art von Fischerei im Umfeld der Bautätigkeiten nicht gestattet. Ein voraussichtlicher Ausschluss der Fischerei während der gesamten Bau- und Stilllegungsphase würde sich negativ auf die Fischerei auswirken. Die Auswirkungen vorübergehender Schifffahrts- und Fischereiverbote innerhalb der Sicherheitszonen werden sich voraussichtlich auf den Standort der Aktivitäten beschränken und von relativ kurzer Dauer sein. Die Auswirkungen auf die Fischerei hängen von der relativen Bedeutung des Gebiets für die Fischerei sowie vom geografischen und zeitlichen Umfang der Sperrung von Fischereigebieten ab. Die Auswirkungen auf die Fischerei werden auch von der Möglichkeit abhängen, ohne zusätzliche Kosten alternative Fanggebiete zu finden.

Die Betriebsphase umfasst den Zeitraum nach der Errichtung der Anlagen. Auch mögliche Sicherheitszonen oder mögliche Einschränkungen der Fischerei in der Nähe bestehender Anlagen werden Auswirkungen auf den Fischfang haben. Dabei ist mit einem dauerhaften Verbot der Bodenfischerei wie Grundsleppnetze oder Waden in der Nähe von Anlagen zu rechnen. Es wird jedoch angenommen, dass die Fischerei mit Netzen und anderen passiven Fanggeräten in der Nähe von Anlagen in gewissem Umfang erlaubt sein wird. Daher werden potenzielle Sicherheitszonen um die Anlagen für die bodengebundene Fischerei während der Lebensdauer der Infrastruktur besonders wichtig sein.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass es bei den Pilot- und Demonstrationsprojekten in der Bau- und Stilllegungsphase aufgrund lokaler Beschränkungen und kurzfristiger Einschränkungen der Fischerei in den Projektgebieten zu lokalen, vorübergehenden Auswirkungen auf die Fischerei kommen kann. Diese Einschränkungen werden voraussichtlich in geringerem Maße auch während der Betriebsphase bestehen bleiben, insbesondere bei bestehenden Anlagen für bodengebundene Fangmethoden. Während der Bau- und Stilllegungsphase werden die Auswirkungen als lokal und kurzfristig im Zusammenhang mit den Aktivitäten eingeschätzt. Während der Betriebsphase werden die Auswirkungen von relativ kurzer Dauer sein und sich nur auf ein kleines Gebiet mit bodengebundenen Fangmethoden auswirken. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass alternative Fanggebiete gefunden werden können. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen der Pilot- und Demonstrationsprojekte auf die Fischerei keinen grenzüberschreitenden Charakter haben und nicht erheblich sein werden.

Während der Bau- und Stilllegungsphase ist mit vorübergehenden Beeinträchtigungen der Fischereiressourcen (Fische und Schalentiere) durch Unterwasserlärm, Sedimenteintrag und vorübergehendem und dauerhaftem Verlust von Lebensraum zu rechnen. Die Auswirkungen werden vor allem in der Vertreibung von Fischen in der Nähe des Baugebiets/der Lärmquelle bestehen. Ebenso werden die Auswirkungen der Lebensraumveränderungen und CO<sub>2</sub>-Freisetzung lokal begrenzt sein und während der Bauphase nur begrenzte Auswirkungen haben. Diese Auswirkungen werden daher als nur begrenzt und nicht erheblich für Fische und Schalentiere und somit für die Fischereiressourcen durch das Projektgebiet und die damit verbundenen Lärmquellen eingeschätzt.

Es wird davon ausgegangen, dass die Wahrscheinlichkeit potenzieller Auswirkungen aufgrund von Lebensraumveränderungen durch CO<sub>2</sub>-Leckagen sehr gering ist. Sollte es dennoch dazu kommen, werden die Auswirkungen lokal begrenzt und auf das Projektgebiet oder dessen unmittelbare Umgebung beschränkt sein. Daher wird davon ausgegangen, dass es zu keinen erheblichen Auswirkungen auf die Fischereiressourcen Fisch und Schalentiere kommen wird. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass keine grenzüberschreitenden Auswirkungen auf die kommerzielle Fischerei auftreten werden.

Die Bewertung der Fischerei und ihrer Ressourcen ist eng mit der Wasserrahmenrichtlinie und der Meeresstrategie verknüpft, die in den Abschnitten 6.1 und 6.3 behandelt werden. Kumulative Auswirkungen auf die Fischerei müssen im Kontext der Auswirkungen anderer Aktivitäten auf die Fischerei in dänischen Gewässern betrachtet werden, insbesondere in Form lokaler Beschränkungen und Einschränkungen der Fischerei in Gebieten mit den Aktivitäten sowie Anlagen. Auf strategischer Ebene ist es nicht möglich, das genaue Ausmaß der kumulativen Auswirkungen der von der Durchführungsverordnung erfassten Aktivitäten zu beurteilen, da die Auswirkungen vom Ort und Zeitpunkt der Umsetzung künftiger spezifischer Pläne und Projekte abhängen, beispielsweise die Umsetzung der Energieinseln Nordsee und Bornholm sowie damit verbundener und unabhängiger Offshore-Windkraftprojekte usw. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Auswirkungen mit anderen Plänen oder Projekten auf die Fischerei kommt. Eine analoge Bewertung gilt für grenzüberschreitende Auswirkungen.

## **6.5 Menschliche Gesundheit**

### **6.5.1 Risiko schwerer Unfälle und Katastrophen**

Dieser Abschnitt enthält eine Prüfung der potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die sich aus dem Risiko schwerer Unfälle und Katastrophen ergeben. Die Bewertung der Auswirkungen erfolgt auf Grundlage der neuesten Erkenntnisse und Forschungsergebnisse sowie Umweltprüfungen ähnlicher Projekte

und Pläne. Die vorliegende Bewertung umfasst potenzielle Auswirkungen im Hinblick auf das Risiko schwerer Unfälle und Katastrophen. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen dieses Umweltaspekts umfasst sowohl Dänemark als auch die angrenzenden Nachbarländer, da sich die Auswirkungen über die Grenzen hinweg nicht unterscheiden.

#### *6.5.1.1 Rechtsgrundlage und Umweltziele*

Dänemark ist durch die EU und eine Reihe internationaler Abkommen verpflichtet, bestimmte Sicherheitsforderungen im Zusammenhang mit der unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speicherung einzuhalten. Offshore-Projekte werden u. a. durch die Londoner Konvention und das Londoner Protokoll, das Oslo-Paris-Übereinkommen (OSPAR) und das Helsinki-Übereinkommen (HELCOM) geregelt. Die Londoner Konvention enthält Richtlinien für den sicheren Transport und die sichere Speicherung von CO<sub>2</sub>, die eine angemessene Reinigung der CO<sub>2</sub>-Ströme gewährleisten, und legt Richtlinien für Monitoringprogramme fest, um sicherzustellen, dass die Speicherung sicher und ohne Umweltrisiko erfolgt (IMO, 2012). Aktivitäten im Zusammenhang mit Pilot- und Demonstrationsprojekten unterliegen außerdem den nationalen Umwelt- und Risikogesetzen, darunter dem Meeresumweltgesetz und dem ADR-Übereinkommen, das den Transport von CO<sub>2</sub> per LKW im Zusammenhang mit der Lebensmittelindustrie regelt.

#### *6.5.1.2 Methode und Datengrundlage*

Die Prüfung der Auswirkungen schwerer Unfälle und Katastrophen auf die menschliche Gesundheit basiert auf dem vorhandenen Wissen über die Risiken von Öl- und Gasaktivitäten sowie auf internationalen Erfahrungen aus anderen CO<sub>2</sub>-Speicherprojekten. Die Bewertung berücksichtigt den neuesten Wissens- und Forschungsstand sowie Umweltprüfungen ähnlicher Projekte und Vorhaben und basiert auf den Erfahrungen der Publikation „CCS – Internationale Erfahrungen – Sicherheit, Natur und Umwelt“ aus dem Jahr 2021. (COWI, 2021). Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen erfolgt qualitativ.

#### *6.5.1.3 Aktuelle Bedingungen*

Die Kartierung zeigt eine hohe Konzentration potenzieller CO<sub>2</sub>-Lagerstätten an Land im Westen Seelands sowie in den zentralen und nördlichen Teilen Jütlands. In geringerem Maße ist eine CO<sub>2</sub>-Speicherung in Süddänemark möglich, zwischen Rødby auf Lolland bis Sønderborg und Tønder (Figur 3.2). Daher wird erwartet, dass künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte an Land in der Nähe von bebauten Gebieten, Infrastruktur usw. angesiedelt werden, während der Transport von CO<sub>2</sub> per LKW zwischen verstreuten Punktquellen und CO<sub>2</sub>-Lagerstätten voraussichtlich über das dänische Straßennetz erfolgen wird.

Auf See dürften Pilot- und Demonstrationsprojekte weitgehend an die bestehende Öl- und Gasinfrastruktur angebunden sein und sich daher weit entfernt von bebauten Gebieten oder anderer bedeutender Infrastruktur befinden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass Aktivitäten im Zusammenhang mit potenziellen küstennahen Strukturen sowie der Transport von CO<sub>2</sub> per Schiff in der Nähe bestehender Schifffahrtsrouten, der Fischerei, Segelsportlern usw. stattfinden könnten.

Statistiken der dänischen Offshore-Öl- und Gasindustrie zeigen seit den 1980er Jahren einen deutlichen Rückgang der Unfälle. Danach wurde in den letzten drei Jahrzehnten trotz eines Anstiegs der Gesamtzahl der auf festen und mobilen Anlagen erfassten Arbeitsstunden eine relativ konstante Zahl von Arbeitsunfällen (ungefähr 1 bis 10 Unfälle pro Million Arbeitsstunden) mit anschließender Krankmeldung verzeichnet (Jensen, 2010; Arbejdstilsynet, 2024). Darüber hinaus zeigen Statistiken von Jensen (2010) und dem dänischen

Arbeitgeberverband [Dansk Arbejdsgiverforening] (2018), dass die Zahl der Arbeitsunfälle im Zusammenhang mit Offshore-Öl- und Gasaktivitäten in der Nordsee im Durchschnitt niedriger ist als die Gesamtzahl der Unfälle, die in allen Onshore-Industrien zusammen verzeichnet werden. Schwere Unfälle, wie die Explosion aufgrund eines Kompressordefekts im Gorm-Feld im Jahr 2001, gelten als äußerst selten, und es sind keine Fälle von Blowouts im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Speicherung bekannt (COWI, 2021). Im Allgemeinen gelten Aktivitäten im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Speicherung nicht als riskanter als andere Industrie- oder Offshore-Arbeiten.

#### 6.5.1.4 Bewertung von Umweltauswirkungen

##### Errichtung von Injektionsstationen

Während der Bauphase besteht die Gefahr, dass bei Bohrungen Kohlenwasserstoffblasen oder natürliche CO<sub>2</sub>-Vorkommen im Untergrund punktiert werden, was zu einem Blowout führen kann. Blowouts mit Kohlenwasserstoffen können lokal Brände, Explosionen und Umweltverschmutzung verursachen (COWI, 2021) und größere CO<sub>2</sub>-Freisetzung können lebensgefährlich sein (Harper, Wilday, & Bilio, 2011).

Es gibt keine Erkenntnisse über natürliche Vorkommen von CO<sub>2</sub> im dänischen Boden (COWI, 2021). Zudem werden vor jeder neuen Bohrung seismische Untersuchungen und Analysen durchgeführt, um etwaige Vorkommen von Öl und Gas im Untergrund zu identifizieren. Auf See dürften sich Pilot- und Demonstrationsprojekte weitgehend auf die bestehende Infrastruktur beschränken, bei der ein detaillierteres Bild des Untergrunds bekannt ist. Darüber hinaus wird erwartet, dass die detaillierte Bohrlochplanung und die Sicherheitsmaßnahmen, einschließlich der Verwendung von „Blowout-Preventern“, den geltenden Richtlinien entsprechen. Detaillierte Brunnenplanung und Sicherheitsmaßnahmen zielen darauf ab, die Sicherheit zu erhöhen und Brunnen zu kontrollieren und zu überwachen, um mögliche Freisetzung zu verhindern (Energistyrelsen, 2024), weshalb die Wahrscheinlichkeit eines Blowouts als sehr gering eingeschätzt wird.

Die Wahrscheinlichkeit schwerer Unfälle und Katastrophen im Zusammenhang mit der Bohrung und Errichtung von Brunnen wird als gering eingeschätzt. Die Auswirkungen werden gering, örtlich begrenzt und von mäßiger Intensität sein, weshalb eine mögliche Auswirkung als nicht erheblich eingeschätzt wird.

##### CO<sub>2</sub>-Leckage während des Betriebs

Bei der geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> besteht das potenzielle Risiko einer unbeabsichtigten Freisetzung während der Betriebsphase, was zu schweren Unfällen oder Katastrophen führen könnte. Solche Freisetzungen können durch technische Störungen des Injektionsgeräts, einen Blowout oder einen plötzlichen Ausfall von Speichertanks – entweder während des Transports oder an der Lagerstätte – auftreten. Darüber hinaus kann CO<sub>2</sub> auch durch Risse, Verwerfungen oder durch Undichtigkeiten im abdichtenden Barrieregestein im Untergrund schlechend austreten.

Im Falle einer Leckage aufgrund eines Geräteausfalls, eines Blowouts oder eines Lecks im Bohrloch könnte es innerhalb eines kürzeren Zeitraums zu einer plötzlichen Freisetzung von CO<sub>2</sub> kommen. An Land könnte eine größere Freisetzung an der Oberfläche möglicherweise den Sauerstoff in der Luft verdrängen und zu Erstickungsgefahr und anderen gesundheitlichen Folgen führen. In marinen Gebieten erfolgt eine Freisetzung vor allem in die Wassersäule und den Meeresboden, wo sie Auswirkungen auf die Wasserqualität, die benthische Fauna und biogeochemische Prozesse haben kann. Zur Bewertung der Auswirkungen von Freisetzungen oder Leckagen von CO<sub>2</sub> in die Wassersäule und auf den Meeresboden siehe Abschnitt 6.1.1.4.2 und Abschnitt 6.2.4.4.2.

Bei Harper, Wilday und Bilio (2011) wurden die Gefahrenbereiche einer plötzlichen Freisetzung von 500 bis 1.000 t CO<sub>2</sub> an Land berechnet. Die Ergebnisse zeigen einen lokalen Gefahrenbereich von 60 bis 300 m, innerhalb dessen schwere, behandlungsbedürftige Verletzungen sowie Mortalitätsraten von 1 bis 5 % auftreten können. Im Greensand-Pilotprojekt wurden in sieben Sequenzen insgesamt 4.100 t CO<sub>2</sub> injiziert, was etwa 585 t CO<sub>2</sub> pro Injektionssequenz entspricht (EUDP, 2024). Nach Modellen von Harper, Wilday und Bilio (2011) ist bei einer kurzzeitigen Freisetzung dieser Größenordnung mit einem lokalen Gefahrenbereich bei einem Sterberisiko von 1 bis 5 % bei <100 m zu rechnen. Allerdings werden die Gefahrenbereiche von Pilot- und Demonstrationsprojekten von Projekt zu Projekt unterschiedlich sein und für einzelne Projekte wird eine Speicherung von bis zu 100.000 t CO<sub>2</sub> möglich sein. Außerdem zeigen Modellrechnungen, dass bei einem Blowout Leckagen von bis zu ca. 17.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tag möglich sind (Bhuvankar, Cihan, & Birkholzer, 2022). Da kann es nicht ausgeschlossen werden, dass eine kurzzeitige Freisetzung unter extremen Bedingungen erhebliche Ausmaße annehmen und einen entsprechend größeren Gefahrenbereich zur Folge haben könnte. Die Wahrscheinlichkeit eines Blowouts wird jedoch als sehr gering eingeschätzt.

In der Betriebsphase wird CO<sub>2</sub> zwischen Punktquellen und Pilot- und Demonstrationsprojekten per LKW oder Schiff transportiert. Der Transport von CO<sub>2</sub> birgt Risiken, da das Gas gekühlt und unter hohem Druck transportiert wird. Im Falle eines Transportunfalls, bei dem eine plötzliche Beschädigung von Lagertanks zur Freisetzung einer größeren Menge des transportierten CO<sub>2</sub> führt, kann das Gas den Sauerstoff in der Atmosphäre verdrängen und möglicherweise zum Ersticken führen. Bei Harper, Wilday und Bilio (2011) werden die Gefahrenbereiche einer plötzlichen Freisetzung von 50 t CO<sub>2</sub> berechnet, wobei ein Standard-CO<sub>2</sub>-Tankwagen bis zu 30 t flüssiges CO<sub>2</sub> transportieren kann (Myers, Li, & Markham, 2024). Die Ergebnisse zeigen einen lokalen Gefahrenbereich von ca. 30 m, innerhalb dessen es zu schweren, behandlungsbedürftigen Verletzungen sowie Mortalitätsraten von 1 bis 5 % kommen kann, sodass die Auswirkungen eines plötzlichen Versagens von Lagertanks als sehr lokal einzuschätzen sind. Darüber hinaus wird der Transport des CO<sub>2</sub> gemäß dem ADR-Übereinkommen geregelt. Auf dieser Grundlage werden die Auswirkungen einer plötzlichen CO<sub>2</sub>-Freisetzung während des Transports auf dem dänischen Straßennetz als vernachlässigbar und somit nicht erheblich eingeschätzt.

Ein kommerzieller CO<sub>2</sub>-Tanker verfügt über eine größere Kapazität und ein potenzielles Leck aus einem oder mehreren Lagertanks im Seegebiet führt wahrscheinlich zu einem größeren Leck als bei einem LKW. Bei einer plötzlichen Freisetzung von 500 bis 1.000 t CO<sub>2</sub> sind Gefahrenbereiche von 60 bis 300 m möglich (Harper, Wilday, & Bilio, 2011). Der Transport von CO<sub>2</sub> auf See erfolgt jedoch in der Regel weit entfernt von anderen menschlichen Aktivitäten. Nach dem Transport wird das CO<sub>2</sub> entladen und in Lagertanks gelagert, bevor es schließlich in den Boden injiziert wird. Auch die Zwischenlagerung von CO<sub>2</sub> birgt Risiken, da CO<sub>2</sub> erneut gekühlt und unter hohem Druck gespeichert wird. Trotz der berechneten Gefahrenbereiche werden mögliche Auswirkungen in Form schwerer Unfälle und Katastrophen als gering und somit nicht erheblich eingeschätzt. Dies liegt daran, dass die Auswirkungen lokaler Natur und von mittlerer Intensität sein werden und die Wahrscheinlichkeit einer Freisetzung gering ist.

Die Auswirkungen von Unfällen im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Speicherung auf die menschliche Gesundheit wurden für das norwegische Northern Lights-Projekt untersucht. Dafür wurden die Risiken im Zusammenhang mit der Lagerstätte geregelt, einschließlich des Zusammenhangs zwischen Risiko und Aktivitäten in Zonen rund um das Unternehmen (Northern Light, 2019). Dabei dürfen Zonen mit Wohnhäusern, Geschäften und kleinen Unterkünften einem maximalen Risiko ausgesetzt sein, das 1 Todesfall pro 1.000.000 Jahren entspricht. Eine Zone mit öffentlichen Straßen, Eisenbahnen, Kais sowie Industrie- und Büroarbeitsplätzen darf einem Risiko von höchstens 1 Todesfall pro 100.000 Jahren ausgesetzt sein. Wie in Norwegen wird es auch in dänischen Lagerstätten eine umfassende Risikoregulierung geben.

Auch durch Risse, Verwerfungen oder durch Undichtigkeiten im abdichtenden Barrieregestein im Untergrund kann CO<sub>2</sub> allmählich austreten. Es gibt jedoch keine dokumentierten Fälle einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus dem Untergrund im Zusammenhang mit der geologischen Speicherung (COWI, 2021). Zudem haben mehrere Projekte an Land und auf See die Sicherheit der CO<sub>2</sub>-Speichertechnologie durch sorgfältige Überwachung nachgewiesen (Martens, Möller, Streibel, & Liebscher, 2014; Furrea, et al., 2017; EUDP, 2024). Obwohl es nicht möglich ist, die genauen Mengen an CO<sub>2</sub> zu quantifizieren, die potenziell auf natürliche Weise durch ein Barrieregestein austreten können, oder die Geschwindigkeit oder den Ort dieses Austritts zu bestimmen, schätzt GEUS (2023), dass die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse sehr gering ist. Dies liegt darin begründet, dass die umfangreiche Testphase während der Entwicklung einer CO<sub>2</sub>-Lagerstätte darauf abzielt, die Integrität des Reservoirs und des Speichersystems zu gewährleisten, um das Risiko einer allmählichen Freisetzung von CO<sub>2</sub> zu minimieren. Darüber hinaus werden bei der Umsetzung von Test- und Demonstrationsprojekten umfangreiche Monitoringsysteme implementiert. Obwohl das konkrete System und seine Detektionskapazität vom endgültigen Projekt sowie der zum Zeitpunkt der Implementierung verfügbaren Technologie abhängen, zeigen Untersuchungen, dass es möglich ist, CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis hinunter in den ppm-Bereich aus Entfernungen von mehreren hundert Metern zu erkennen (van Leeuwen & Meijer, 2015).

Das Risiko von Katastrophen im Zusammenhang mit großen CO<sub>2</sub>-Freisetzungen aufgrund geologischer Ereignisse, wie sie in Dieng in Indonesien oder Clear Lake in den USA dokumentiert sind (Lewicki, Birkholzer, & Tsang, 2006), wird ebenfalls als sehr unwahrscheinlich angesehen, da das Risiko vermutlich mit Gebieten mit hoher seismischer Aktivität oder Vulkanismus in Zusammenhang steht (COWI, 2021). Darüber hinaus wird die Errichtung von Injektionsbrunnen und -anlagen in Dänemark im Einklang mit internationalen Abkommen (IMO, 2012), nationaler Gesetzgebung (LBK nr 1461 af 29/11/2023) und Sicherheitsanforderungen usw. (Energistyrelsen, 2024) sowie gemäß nationalen Forschungs- und Ausschreibungsverfahren (Energistyrelsen, 2025) erfolgen.

#### Lagerung und geologische Formationen

Wenn CO<sub>2</sub> in den Untergrund injiziert wird, löst sich das CO<sub>2</sub> im Porenwasser der Formation, wo sich ein Teil des CO<sub>2</sub>-Moleküls mit Wasser zu Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) verbindet. In Karbonat- und Sandsteinreservoirs kann das Vorhandensein von Kohlensäure das geochemische Gleichgewicht verändern, was zur Auflösung vorhandener Mineralien und zur Ausfällung neuer Mineralien führen kann. Diese Reaktionen können potenziell die petrophysikalische Struktur verändern und zu einer mechanischen Schwächung des Reservoirmaterials führen (Hosseinzadehsadati, Amour, Hajiabadi, & Nick, 2022; Yuting, et al., 2024) (Yuting, et al., 2024). Theoretisch kann die Injektion von überkritischem CO<sub>2</sub> daher eine Verringerung der Porosität und Verdichtung in der Reservoirmatrix zur Folge haben, was sich möglicherweise in einem allmählichen Absinken der Bodenoberfläche äußern könnte. Empirische Studien zeigen jedoch, dass die infolge der CO<sub>2</sub>-Injektion beobachtete Verdichtung im Allgemeinen marginal ist und als vernachlässigbar anzusehen ist im Vergleich zu der Verdichtung, die als Folge des Druckabfalls bei der konventionellen Kohlenwasserstoffproduktion auftreten kann, was ein bekanntes Phänomen ist (Amour, Hosseinzadeh, Hajiabadi, & Nick, 2025).

Durch die Injektion von CO<sub>2</sub> kommt es zudem zu einem allmählichen Druckaufbau im Reservoir, der unter besonderen geologischen und geomechanischen Bedingungen zu einer Deformation der darüberliegenden Schichten und zur Bildung neuer Risse in der Abdichtungsschicht führen kann. Diese Phänomene können möglicherweise die Integrität des CO<sub>2</sub>-Speicherreservoirs gefährden und zur Oberflächenhebung beitragen, wie im Salah-Projekt in Algerien dokumentiert, wo die CO<sub>2</sub>-Injektion zu einer vertikalen Hebung von etwa 5 mm/Jahr führte (Keiding M., 2021). Eine Oberflächenhebung aufgrund einer CO<sub>2</sub>-Injektion ist ein sehr seltenes Phänomen und weist darauf hin, dass das Reservoir nicht entsprechend den geomechanischen Erwartungen reagiert (Keiding M., 2021). Im Falle einer Oberflächenhebung in Dänemark werden voraussichtlich alle

Injektionsaktivitäten in der betreffenden Anlage sofort eingestellt. Darüber hinaus zeigen die Erfahrungen aus dem Salah-Projekt, dass sich die Hebung über ein großes Gebiet verteilte, sodass es zu keinen Schäden an der bestehenden Infrastruktur oder an Gebäuden kam. Auf dieser Grundlage werden Auswirkungen im Zusammenhang mit dem Druckaufbau und der damit verbundenen Oberflächenhebung als unwahrscheinlich und somit vernachlässigbar eingeschätzt.

Insgesamt werden die Auswirkungen schwerer Unfälle und Katastrophen in Dänemark und den Nachbarländern im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Speicherung als lokaler Natur mit vernachlässigbarer bis mäßiger Wirkung eingeschätzt. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit einer größeren CO<sub>2</sub>-Freisetzung aufgrund von Gerätefehlern, defekten Bohrlochverrohrungen oder natürlichen Schwachstellen im Untergrund gering und das Risiko, das sich aus der Injektion und geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherung ergibt, wird als minimal und somit nicht erheblich eingeschätzt.

#### *6.5.1.5 Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen*

Auswirkungen in Form schwerer Unfälle und Katastrophen aufgrund der durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten werden an Land und auf See als lokal und in hohem Maße auf die Lagerstätten beschränkt eingeschätzt. Obwohl die Standorte für die geologische CO<sub>2</sub>-Speicherung nicht bekannt sind, werden die Entfernungen zwischen den potenziellen Lagerstätten wahrscheinlich viel größer sein als die Gefahrenbereiche einer plötzlichen Freisetzung der erwarteten Größenordnung für ein Pilot- und Demonstrationsprojekt, wie in Abschnitt 6.5.1.4 beschrieben. Darüber hinaus verteilt sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Nähe einer Freisetzung schnell über kürzere Entfernungen, wodurch das Risiko kumulativer Auswirkungen zwischen nahegelegenen Lagerstätten verringert wird (COWI, 2021). Die Errichtung von Bohrlöchern, der Transport, die Zwischenlagerung und die geologische CO<sub>2</sub>-Speicherung werden daher nur insoweit kumulative Auswirkungen haben, als in dem Gebiet damit verbundene Risiken bestehen.

#### *6.5.1.6 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen*

Bei den Bohrungen im Rahmen von Pilot- und Demonstrationsprojekten wird der Schwerpunkt auf bestimmte Sicherheitsmaßnahmen gelegt, darunter Überwachungsprogramme und der Einsatz von Blowout-Preventern. Außerdem werden die Bohrungen gemäß geltenden Richtlinien und Leitlinien durchgeführt.

Ein zentraler Bestandteil des Betriebs wird voraussichtlich die Überwachung des Injektionsprozesses hinsichtlich Druck, Temperatur und Durchfluss sowohl im ober- als auch im unterirdischen Teil der Anlagen sein. Dies ist notwendig, um etwaige Mängel möglichst frühzeitig zu erkennen. Die langfristige Überwachung der CO<sub>2</sub>-Gasverbreitung an Land wird typischerweise durch elektromagnetische, gravimetrische oder 3D-seismische Untersuchungen durchgeführt. Auf See erfolgt die Überwachung in der Regel durch seismische Untersuchungen, Druck- und Temperaturmessungen im Bohrloch sowie Sediment- und geochemische Analysen. Zur Überwachung der CO<sub>2</sub>-Verbreitung wurden in früheren Pilot- und Demonstrationsprojekten seismische Untersuchungen mit autonomen Knotenpunkten über dem Reservoir eingesetzt (EUDP, 2024). Die Kartierung der CO<sub>2</sub>-Verteilung kann auch mittels 3D-Seismik erfolgen, die von einem Seismik-Schiff durchgeführt wird.

Darüber hinaus wird es bei der Speicherung unterhalb oder in der Nähe von Grundwasservorkommen möglich sein, geochemische Analysen durchzuführen, um sicherzustellen, dass das CO<sub>2</sub> nicht durch Verwerfungen, Lecks im Bohrloch oder Ähnliches vertikal oder seitlich gewandert ist. Zudem werden regelmäßige Wartungen sowohl der Brunnen als auch der technischen Anlagen durchgeführt, um einen sicheren und stabilen Betrieb über zwei Jahre hinweg zu gewährleisten.

## 6.5.2 Grenzüberschreitende Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Für den Umweltfaktor „menschliche Gesundheit“ erfolgt eine Bewertung des Faktors hinsichtlich der Auswirkungen von Lärm und Erschütterungen, Luft, Gerüchen und Emissionen. Das Risiko schwerer Unfälle und Katastrophen wird im Abschnitt 2.3.5.3 behandelt.

### Lärm und Erschütterungen

Die Pilot- und Demonstrationsprojekte werden sich innerhalb der Grenzen Dänemarks befinden und den nationalen Lärmschutzbestimmungen unterliegen. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen erfolgt daher auf Grundlage dieser Faktoren, unter Einbeziehung der nationalen Richtwerte für Lärmpegel für Unternehmen und der verfügbaren Informationen über die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärmbelastungen. Auf dieser übergeordneten Planungsebene wurden noch keine Lärmgutachten erstellt oder Lärmberechnungen durchgeführt, da für künftige konkrete Projekte noch keine konkreten Standorte ausgewiesen sind.

Die Lärmbelastung ist geografisch unterschiedlich und hängt maßgeblich von der Fläche und der Landnutzung ab. Einige Gebiete, wie etwa Naturgebiete und offene Landschaften, sind durch geringe oder keine Lärmbelastung gekennzeichnet, während andere Gebiete, wie etwa Gebiete in der Nähe wichtiger Infrastruktur, städtische Gebiete und Gewerbegebiete, typischerweise stärker von Lärm betroffen sind. In Dänemark wird der Lärm von Unternehmen u. a. durch das Umweltschutzgesetz<sup>22</sup> und die Richtlinie Nr. 5 der dänischen Umweltschutzbehörde aus dem Jahr 1984 zur Schallimmission durch Gewerbelärm (Miljøstyrelsen, 1984) geregelt. Für Wohngebiete, Gewerbegebiete, Freiflächen usw. gelten unterschiedliche Immissionsgrenzwerte (Miljøstyrelsen, 2024). Die Grenzwerte geben an, welchen Lärmpegel ein einzelnes Unternehmen maximal in den angrenzenden Gebieten verursachen darf.

Lärm durch Bautätigkeiten wird gemäß der Durchführungsverordnung über Umweltmaßnahmen geregelt,<sup>23</sup> einschließlich der hierzu erlassenen kommunalen Richtlinien. Bei der Genehmigung von Projekten mit temporären Baumaßnahmen ist es üblich, Grenzwerte von bis zu 70 dB(A) tagsüber (7:00-18:00 Uhr) an Werktagen und samstags 7:00-14:00 Uhr festzulegen, während zu anderen Zeiten 40 dB(A) einzuhalten sind (Miljøstyrelsen, 2024).

### Bewertung von Umweltauswirkungen

Die Beeinträchtigungen während der Bauphase können Lärm und Erschütterungen durch die Bohrungsarbeiten sowie Geräusche des Bohrturms umfassen, die mehrere Monate anhalten können. Darüber hinaus kann es durch die Bautätigkeiten zu Lärm durch LKW, Bagger, Kräne usw. kommen. Die Bauphase ist bei Projekten an Land und auf See vorübergehend und beträgt etwa 12 bis 24 Monate. Die Bauzeit hängt u. a. von der Größe der Anlage und den örtlichen Gegebenheiten ab. Nicht alle Zeiträume der gesamten Bauphase verursachen die gleiche Lärmbelastung.

Bei den Bauarbeiten sind grundsätzlich die jeweiligen kommunalen Baustellenlärmschutzverordnungen einzuhalten, die u. a. die zulässige Lärmelastung durch örtlich festgelegte Grenzwerte, Arbeitszeitregelungen usw.

---

<sup>22</sup> Durchführungsverordnung Nr. 1093 vom 11.10.2024, Verordnung zum Umweltschutzgesetz, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2024/1093>

<sup>23</sup> Durchführungsverordnung Nr. 844 vom 23.06.2017, Verordnung über die Umweltregulierung bestimmter Tätigkeiten, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2017/844>

begrenzen können. Insgesamt wird die Bauphase der Projekte behördlich konkret so geregelt, dass es nicht zu erheblichen Lärmbelästigungen für die Anwohner kommt.

Im Zusammenhang mit der geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> kann es zu Lärmelastungen durch die technischen Oberflächenanlagen kommen, die für die CO<sub>2</sub>-Injektion und Überwachung genutzt werden. Zu diesen Einrichtungen können Kompressoren, Pumpen, Ventile und andere Installationen gehören, die zur Aufrechterhaltung des erforderlichen Drucks und zur Gewährleistung einer kontrollierten Injektion in den Untergrund erforderlich sind. Der Lärm kann je nach Betrieb und technischer Ausführung der Anlage sowohl kontinuierlich als auch periodisch auftreten. Bei der Genehmigung vorübergehender Pilot- und Demonstrationsprojekte wird erwartet, dass diese die Richtwerte der dänischen Umweltschutzbehörde für die Schallimmission durch Gewerbelärm einhalten, vgl. Richtlinie Nr. 5/1984 über Schallimmission durch Gewerbelärm. Die Lärmelastigung könnte auch nach § 42 des Umweltschutzgesetzes geregelt werden. Die Planung künftiger konkreter Projekte, insbesondere auch hinsichtlich der Standortwahl, kann dazu beitragen, potenzielle Lärmelastungen zu reduzieren. Es wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der behördlichen Bearbeitung des jeweiligen Pilot- und Demonstrationsprojekts entsprechende Lärmberechnungen und Prüfungen hinsichtlich der Notwendigkeit etwaiger vorbeugender Maßnahmen durchgeführt werden, um die Lärmelastung im Hinblick auf die örtlichen Gegebenheiten, einschließlich der Art der Flächen, zu minimieren.

Die potenziellen Lärmauswirkungen der temporären Pilot- und Demonstrationsprojekte werden daher als lokal begrenzt, vorübergehend und aufgrund nationaler Lärmschutzbestimmungen begrenzt eingeschätzt. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass die Verabschiedung der Durchführungsverordnung keine erheblichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit infolge von Lärm oder grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen haben wird.

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch den Plan ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob es insgesamt zu erheblichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit aufgrund von Lärm und Erschütterungen kommt. Die Kumulierung mit regionalen, kommunalen und lokalen Plänen hängt vom Standort des konkreten Projekts ab, der noch nicht entschieden ist. Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich somit auf dieser gesamtstrategischen Ebene nicht beurteilen. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen und Projekten kommt.

## **Luft, Geruch und Emissionen**

Dieser Abschnitt enthält eine Prüfung der potenziellen Auswirkungen von Luftemissionen auf die menschliche Gesundheit.

Auf internationaler Ebene wurden zahlreiche politische Ziele verabschiedet, die auf eine Verringerung der gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung abzielen. Dazu gehören das Göteborg-Protokoll, die Gesundheitsstrategien der EU und das Ziel 3 der EU-Ziele für nachhaltige Entwicklung, das die Verringerung der durch Luftverschmutzung bedingten Krankheiten und Todesfälle betrifft. Auf EU-Ebene wird die Luftqualität u. a. durch die Luftqualitätsrichtlinie und die NEC-Richtlinie geregelt, die Grenzwerte für die Konzentration einer Reihe von Luftschaadstoffen sowie Anforderungen an die Überwachung und Reduzierung von Emissionen festlegen. Die Emissionen von Baumaschinen und Transportmitteln, die im Zusammenhang mit Bauarbeiten eingesetzt werden, werden durch Typgenehmigungssysteme geregelt, die Grenzwerte für die von den Maschinen

zulässige Schadstoffemission festlegen. Dies gilt sowohl für Maschinen an Land als auch für den Transport per LKW und Schiff.

Die Luftemissionen variieren je nach geografischer Lage und lokaler Nutzung erheblich. Die höchsten Konzentrationen von Luftschadstoffen treten in der Regel in städtischen Gebieten, entlang wichtiger Straßennetze und in der Nähe von Industrieanlagen auf, wo sich die Emissionen aus Verkehr, Energieerzeugung und verarbeitender Industrie konzentrieren. In ländlichen Gebieten und Küstenzonen sind die Hintergrundwerte im Allgemeinen niedriger. Geruchsbelästigung ist typischerweise ein lokales Problem und hängt sowohl von der Emissionsquelle als auch von der Nutzung des Gebiets ab. In dicht besiedelten Gebieten und in sensiblen Anwendungsbereichen wie Wohnungen, Schulen und Institutionen ist die Toleranz gegenüber Geruchsbelästigung geringer.

#### *Bewertung von Umweltauswirkungen*

Während der Bauphase entstehen Luftemissionen vor allem durch Bautätigkeiten, bei denen Baumaschinen zum Einsatz kommen und Baumaterialien per Lkw oder Schiff transportiert werden. Die Emissionen bestehen hauptsächlich aus CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und anderen Partikeln, die die Luftqualität lokal beeinträchtigen können, insbesondere in Gebieten mit eingeschränktem Luftaustausch oder in der Nähe sensibler Anwendungen. Durch die Baumaßnahmen sind keine erheblichen Geruchsbelästigungen zu erwarten.

An Land können Emissionen durch Bautätigkeiten und Verkehr möglicherweise gesundheitliche Folgen für die Anwohner der Umgebung haben. Das Risiko gesundheitlicher Auswirkungen hängt vom Umfang der Bauarbeiten, dem Transportaufkommen, der Exposition der Bevölkerung und den örtlichen Gegebenheiten ab. Der Transport über Land wird während der Bauphase voraussichtlich nur in begrenztem Umfang stattfinden. Es wird erwartet, dass der Transport hauptsächlich auf dem allgemeinen Straßennetz stattfindet und nur einen kleinen Teil des Gesamtverkehrs ausmacht. Dies hängt jedoch vom Standort des jeweiligen Pilot- und Demonstrationsprojekts ab. Während der Stilllegungsphase werden die Emissionen begrenzt und hauptsächlich auf die Demonstration und Entfernung der Installation zurückzuführen sein. Umfang und Art dieser Aktivitäten werden mit denen der Bauphase vergleichbar sein.

Die Bau- und Stilllegungsaktivitäten für zukünftige Pilot- und Demonstrationsprojekte an Land werden vorübergehend und lokal sein. Die daraus resultierenden Emissionen werden aufgrund von Regelungen für die Typgenehmigung von Maschinen usw. als begrenzt eingeschätzt.

Auf See dürften die Bautätigkeiten ähnlich eingeschränkt sein. Zudem ist der Luftaustausch auf See im Allgemeinen größer als an Land. Gleichzeitig ist mit einer verstärkten Nutzung bestehender (umgebauter) Anlagen zu rechnen, vgl. 3.7.1.1. Sollten Neubauten erforderlich sein, werden die Emissionen aus den Bauarbeiten als mit anderen bekannten Offshore-Aktivitäten vergleichbar eingeschätzt und als vorübergehend, lokal und nicht erheblich eingestuft.

Insgesamt werden die Luftemissionen und Geruchsbelästigungen während der Bauphase auf See und an Land als vorübergehend, lokal und von begrenztem Ausmaß eingeschätzt. Die damit verbundenen Auswirkungen werden als vorübergehend, lokal und nicht erheblich eingeschätzt. Die Auswirkungen auf die Luftqualität und die menschliche Gesundheit während der Bau- und Stilllegungsphase werden daher auf dieser übergeordneten Planungsebene insgesamt als nicht erheblich und ohne grenzüberschreitende Auswirkungen eingeschätzt.

#### Betriebsphase

Während der Betriebsphase entstehen Luftemissionen vor allem durch den Transport des CO<sub>2</sub> per LKW oder Schiff zur CO<sub>2</sub>-Lagerstätte. Der Transport des flüssigen CO<sub>2</sub> erfolgt u. a. per LKW oder Schiff, deren Abgase

Luftemissionen und Treibhausgase freisetzen. In Abschnitt 3.5 wird beschrieben, dass bei Projekten mit einer maximalen Speicherkapazität von 100 kt CO<sub>2</sub> in der Betriebsphase für zwei Jahre mit etwa 6 bis 7 LKW-Transporten mit flüssigem CO<sub>2</sub> pro Tag gerechnet werden kann. Für den Schiffstransport wird in Abschnitt 3.7 beschrieben, dass 20 bis 50 Fahrten erforderlich sein werden, um das gesamte Potenzial von 100 kt CO<sub>2</sub> zu transportieren.

Die Transporte an Land während der Betriebsphase entsprechen hinsichtlich Art, Menge und Ort den Transporten während der Bauphase, vgl. Abschnitt oben, und die Auswirkungen hieraus sind daher vergleichbar. Diese werden daher als vorübergehend, lokal und zahlenmäßig begrenzt eingeschätzt. Auch der Schiffstransport auf See ist begrenzt. Es wird erwartet, dass über einen Zeitraum von zwei Jahren maximal 50 Transporte stattfinden, was ungefähr zwei Transporten pro Monat entspricht. Der Transport während der Betriebsphase auf See und an Land für Pilot- und Demonstrationsprojekte wird daher auf dieser übergeordneten Planungsebene als nicht erheblich eingeschätzt.

Während der Betriebsphase besteht ein potenzielles Risiko für unbeabsichtigte CO<sub>2</sub>-Freisetzung, beispielsweise durch Lecks aus dem CO<sub>2</sub>-Speicher oder durch Transportunfälle. Das Emissionsrisiko aus der CO<sub>2</sub>-Lagerstätte wird als gering eingeschätzt. CO<sub>2</sub> ist in geringen Konzentrationen ein geruchloses und ungiftiges Gas. In hohen Konzentrationen kann es jedoch den Sauerstoff in der Luft verdrängen und ein akutes Gesundheitsrisiko darstellen. Es wird davon ausgegangen, dass geeignete technische Sicherheitsmaßnahmen, einschließlich Drucküberwachung, Leckageerkennung und Notfallverfahren, eingerichtet sind, mit denen etwaige unbeabsichtigte Zwischenfälle wirksam bewältigt werden können. Das Risiko einer Leckage und die damit verbundenen Auswirkungen werden in Abschnitt 6.5.1 beschrieben und bewertet.

Bei Pilot- und Demonstrationsprojekten sind keine erheblichen Geruchsbelästigungen zu erwarten, da bei den Projekten lediglich CO<sub>2</sub> gespeichert wird, das nicht mit Geruchsemisionen verbunden ist.

Insgesamt werden die Luftemissionen und Geruchsbelästigungen während der Betriebsphase auf See und an Land als vorübergehend, lokal und von begrenztem Ausmaß eingeschätzt. Die Auswirkungen auf die Luftqualität und die menschliche Gesundheit während der Betriebsphase werden daher auf dieser übergeordneten Planungsebene als nicht erheblich und ohne grenzüberschreitende Auswirkungen eingeschätzt. Die Planung künftiger konkreter Projekte, einschließlich der Standortwahl der Projekte, der Drucküberwachung usw., kann dazu beitragen, potenzielle Auswirkungen auf die Luftqualität zu verringern.

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch den Plan ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob es insgesamt zu erheblichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit aufgrund von verringriger Luftqualität kommt. Die Kumulierung mit regionalen, kommunalen und lokalen Plänen hängt vom Standort des konkreten Projekts ab, der noch nicht entschieden ist. Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich somit auf dieser gesamtstrategischen Ebene nicht beurteilen. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen und Projekten kommt.

## **6.6 Boden und Bodenverunreinigungen**

### **6.6.1 Boden**

Der Abschnitt befasst sich mit einer Gesamtbeschreibung der Bodenverhältnisse in Dänemark und einer Bewertung der potenziellen Auswirkungen auf den Boden infolge der Bautätigkeiten und des CO<sub>2</sub>-Austritts während der Betriebsphase. Der Boden ist eine wichtige und empfindliche natürliche Ressource. Fruchbarer Boden steht unter Druck, da er beispielsweise für die Kohlenstoffspeicherung, die landwirtschaftliche Produktion, das Regenwassermanagement und die Filterung von Schadstoffen von entscheidender Bedeutung ist. Die vorliegende Bewertung umfasst potenzielle Auswirkungen auf den Boden. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen dieses Umweltaspekts umfasst sowohl Dänemark als auch die angrenzenden Nachbarländer, da sich die Auswirkungen über die Grenzen hinweg nicht unterscheiden.

#### 6.6.1.1 *Rechtsgrundlage und Umweltziele*

Umweltschutzziele für Böden wurden nicht berücksichtigt, da für diesen Bereich keine einschlägigen Umweltschutzziele gefunden wurden. Die Beschreibung des Umweltzustands und die Bewertung der Bodenauswirkungen aus Pilot- und Demonstrationsprojekten basieren daher auf der detaillierten Kartierung der dänischen Oberflächengeologie durch GEUS sowie auf wissenschaftlichen Veröffentlichungen und anderen Umweltprüfungen, die Erfahrungen aus ähnlichen Projekten sowie internationalen geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherprojekten dokumentieren.

#### 6.6.1.2 *Aktuelle Bedingungen*

Als Boden ist hier die oberste Erdschicht (ca. 1 m) gemeint. Diese besteht aus einem Gemisch aus geologischen Ausgangsstoffen (Ton, Schluff, Sand, Kies und Stein), organischer Substanz (lebende Organismen im Boden und abgestorbene organische Substanz) sowie Wasser und Luft. Der Boden besteht typischerweise aus vier verschiedenen Schichten: eine obere nährstoffreiche Schicht, in der sich organische Stoffe (Humus) zersetzen und mit mineralischem Boden vermischen (A-Horizont); zwei darunterliegende Schichten, die durch Auswaschung und Abfluss von Eisen, Aluminium und Humus gekennzeichnet sind (E- und B-Horizont); und eine tiefere Schicht unveränderten Ausgangsmaterials (C-Horizont), aus dem der Boden gebildet wird, der etwa aus Moränenlehm, Flugsand, Süßwasserablagerungen, kalkhaltigem Boden oder anderem losen Material aus Ablagerungen früherer Eiszeiten oder anderer geologischer Prozesse besteht (Petersen, Vejre, & Callesen, u.d.; GEUS, 2023).

Der Boden spielt eine wichtige Rolle im Wasser- und Nährstoffkreislauf sowie beim Abbau organischer Stoffe und ist somit entscheidend für die Nutzung der Landschaft, beispielsweise für die Landwirtschaft, Forstwirtschaft oder Natur. Je nach geografischen und klimatischen Bedingungen entwickeln sich die A-, E-, B- und C-Horizonte hauptsächlich zu Mull oder Mutterboden. Mull (Tonboden) ist im Allgemeinen auf nährstoffreichem Ausgangsmaterial zu finden und am weitesten verbreitet östlich der eiszeitlichen Grundmoränen in Ostjütland und auf den dänischen Inseln (Figur 6.8). Mull ist eine basische Humusform, die reich an organischem Material und oft luftig ist und eine krümelige Struktur aufweist, wodurch sie gute Wasserspeicherkapazitäten und Eigenschaften für den Anbau hat. Mutterboden ist charakteristisch für nährstoffarme Sandböden und ist besonders westlich der eiszeitlichen Grundmoränen in West- und Nordjütland verbreitet. Mutterboden ist ein saurer Boden und zeichnet sich dadurch aus, dass sich auf der Oberfläche eine Schicht aus nicht umgesetzten oder teilweise zersetzen Pflanzenteilen befindet, was auf eine langsame Zersetzung zurückzuführen ist, oft aufgrund eines niedrigen pH-Werts (Petersen, Vejre, & Callesen, u.d.). Torfböden bestehen hauptsächlich aus organischem Material und kommen in Gebieten mit hohem Wasserstand vor.

Da der Boden dynamisch ist, wird er durch Klima, Pflanzenwachstum, Tiere und menschliche Aktivitäten beeinflusst (EEA, 2015). Dänemarks Böden sind in hohem Maße durch menschliche Aktivitäten gestört und diverse Prozesse tragen zu ihrer Verschlechterung bei, darunter Erosion, Verlust organischer Substanz,

Bodenkontamination, Bodenverdichtung und Flächenversiegelung (Schjønning, Heckrath, & Christensen, 2009) (Pulido-Moncada, Thorsøe, Miranda-Vélez, Graversgaard, & Munkholm, 2025).

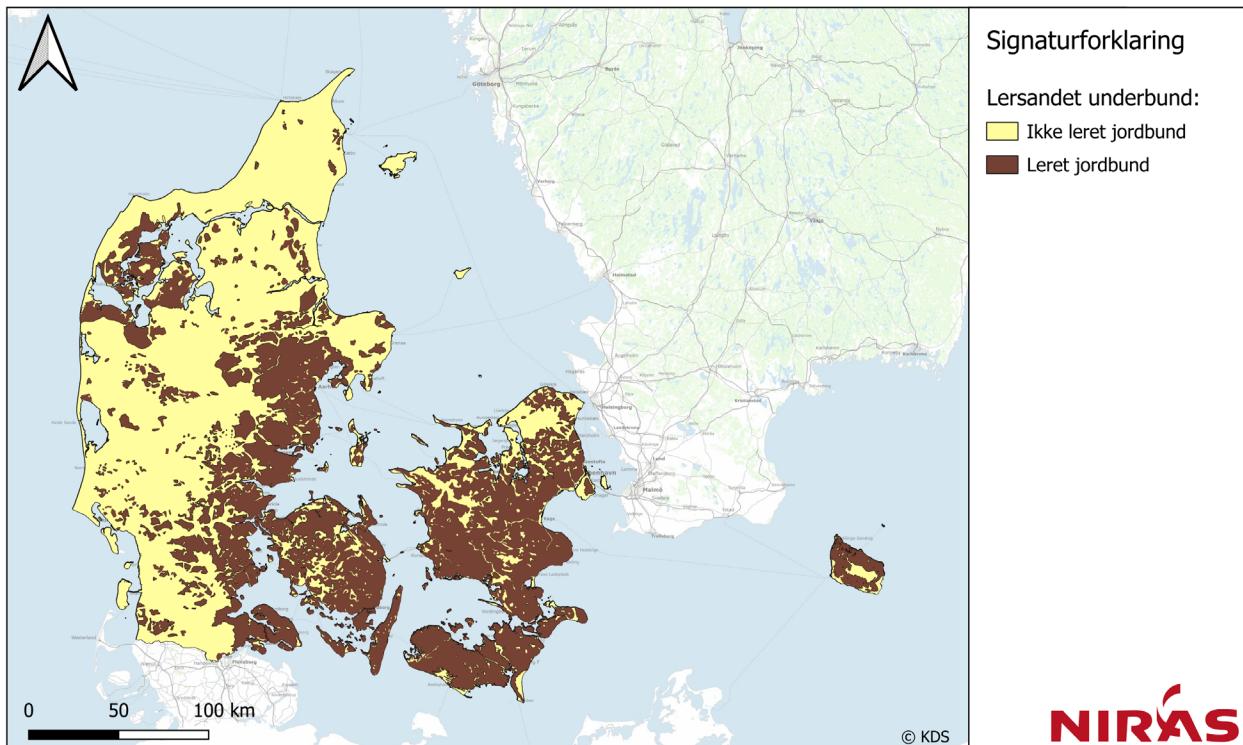


Abb. 6.8: Übersicht über die wichtigsten Bodentypen in Dänemark. Tonhaltiger Boden besteht aus Mull und nicht-tonhaltiger Boden besteht aus Mutterboden, beispielsweise grobem Sandboden.

#### 6.6.1.3 Bewertung von Umweltauswirkungen

Die Errichtung der Anlagen für Pilot- und Demonstrationsprojekte wird Auswirkungen auf den Boden vor Ort haben, da voraussichtlich pro Projekt eine Fläche von etwa 0,5 bis 2 Hektar von Vegetation befreit und anschließend durch Abtragen der oberen Bodenschicht eingegeben werden muss. Die Entfernung der oberen Bodenschicht führt nicht nur zu einer direkten Störung des Bodenökosystems, sondern auch zu Erosion und Verlust organischer Substanz (Schjønning, Heckrath, & Christensen, 2009). Allerdings werden die zu erwartenden Auswirkungen auf den Boden nur vorübergehender Natur sein und nach der maximal zweijährigen Betriebsphase des Projekts ist mit einer Wiederherstellung größerer Flächenanteile zu rechnen. Auf dieser Grundlage werden die Auswirkungen auf den Boden im Zusammenhang mit der Vorbereitung des Anlagenbereichs als gering und nicht erheblich eingeschätzt.

Das Fahren schwerer Fahrzeuge während der Bau- und Betriebsphase in Gebieten mit feuchtem Boden kann möglicherweise zu einer Bodenverdichtung führen. Bodenverdichtung kann sich negativ auf die Wachstumsbedingungen der Vegetation auswirken. Dies kann im schlimmsten Fall dazu führen, dass die bisherige Vegetation in den vom Verkehr betroffenen Bereichen keine Chance mehr hat, sich zu erholen. Allerdings werden die Auswirkungen sehr lokal sein und aufgrund der zweijährigen Betriebsphase werden die Auswirkungen auf den Boden durch den Schwerlastverkehr als vorübergehend und reversibel eingeschätzt. Die Auswirkungen werden daher als vernachlässigbar und somit nicht erheblich eingeschätzt.

Während der Bau- und Betriebsphase des Projekts besteht das Risiko einer Bodenkontamination durch Öl-, Bohrspülungs- oder Chemikalienlecks, wie in Abschnitt 6.6 beschrieben. Derartige Leckagen werden voraussichtlich klein und von geringer Intensität sein und durch das Einsammeln und Entfernen kontaminiert erde bewältigt werden können. Darüber hinaus wird erwartet, dass die Standorte der Pilot- und Demonstrationsprojekte so gewählt werden, dass kartierte kontaminierte Gebiete (V1 und V2) möglichst vermieden werden. Wenn kontaminierte Bereiche nicht vermieden werden können, wird kontaminiert er Boden entfernt und vorschrittsgemäß entsorgt, was einen positiven Effekt haben wird. Das Ausmaß der Auswirkungen hängt vom lokalen Kontext und dem jeweiligen Projekt ab. Auswirkungen in Bezug auf Bodenverunreinigungen und Leckagen werden im Abschnitt 6.6 beschrieben.

Während der Betriebsphase besteht das Risiko, dass es im Zusammenhang mit Defekten, Undichtigkeiten an Brunnen oder über natürliche Schwachstellen im Untergrund zu CO<sub>2</sub>-Leckagen kommt. Dies könnte möglicherweise dazu führen, dass CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch oder unterirdisches Gestein nach oben in den Boden wandert. Wenn sich CO<sub>2</sub> in Wasser löst, entsteht Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Diese chemische Reaktion trägt zur Bodenversauerung bei, da so Wasserstoffionen freigesetzt werden, die den pH-Wert des Bodens senken können (Zhao, et al., 2017; Jakobsen, 2020). Bei einer CO<sub>2</sub>-Leckage kann es zu einer Beeinträchtigung des Bodens durch die Senkung des pH-Wertes kommen. Änderungen des pH-Werts des Bodens können die Auflösung von Mineralien zur Folge haben, wobei Kalk das anfälligste Mineral in dänischen Böden ist (Petersen, Vejre, & Callesen, u.d.). Kalk kommt im Ausgangsmaterial vor allem in Ostjütland und auf den Inseln vor. Ein CO<sub>2</sub>-Austritt in diesen Gebieten könnte zur Auflösung und Auswaschung des Minerals und damit zu einer weiteren Versauerung des Bodens führen. Im Allgemeinen ist die Bodenversauerung in Gebieten mit hohem Niederschlagsüberschuss und grobkörnigem Boden am höchsten, was das Auswaschungspotenzial erhöht. Daher gelten auch die in West- und Nordjütland weit verbreiteten sandigen Bodenarten als anfällig für CO<sub>2</sub>-Austritte sowie Auflösung und Auswaschung von Mineralien.

Wenn eine Leckage zu Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Bodens führt, kann das gesamte Bodenökosystem, einschließlich des Pflanzenwachstums und der mikrobiellen Aktivität, negativ beeinflusst werden (Zhao, et al., 2017). In Dänemark ist die Landwirtschaft von den Bodenbedingungen abhängig und CO<sub>2</sub>-Leckagen in kultivierte Böden können den pH-Wert und die Nährstoffzusammensetzung des Bodens beeinträchtigen, was das normale Pflanzenwachstum beeinträchtigen kann. Allerdings wird die Wahrscheinlichkeit eines Lecks aus geologischen Reservoirs als sehr gering eingeschätzt und mehrere Studien kamen zu dem Schluss, dass ein Leck von einer für die CO<sub>2</sub>-Speicherung realistischen Größe nur sehr lokale Auswirkungen auf den Boden und die Pflanzenwelt in der unmittelbaren Umgebung eines potenziellen Lecks mit sich bringen wird (Beaubien, et al., 2008; Zhao, et al., 2017). Darüber hinaus ist eine Auswirkung auf den Boden in Form einer Änderung des pH-Werts in der Regel vollständig reversibel. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es während der Betriebsphase zu geringfügigen und somit nicht erheblichen Auswirkungen auf den Boden durch CO<sub>2</sub>-Leckagen kommt.

Am Ende der Betriebszeit werden die Injektionsbrunnen dauerhaft oder, um eine zukünftige Nutzung zu ermöglichen, vorübergehend geschlossen. Bei diesem Vorgang wird normalerweise ein Zementstopfen oder eine ähnliche Barriere in den Brunnen eingebracht. Wenn ein Injektionsbrunnen nach der Stilllegung nicht ordnungsgemäß abgedichtet wird, besteht die Gefahr, dass CO<sub>2</sub> durch das Bohrloch austritt. Die ehemaligen Injektionsbohrungen werden voraussichtlich mehrere Jahre lang nach der Stilllegung einer Langzeitüberwachung unterzogen, um die CO<sub>2</sub>-Freisetzung im Untergrund und eine mögliche Aufwärtswanderung zu überwachen, wobei die Wahrscheinlichkeit einer CO<sub>2</sub>-Leckage nach der Stilllegung als äußerst gering eingeschätzt wird. Wie oben beschrieben, hat ein Leck eine Größe, die zu sehr lokalen Auswirkungen auf den Boden und die Pflanzenwelt in der unmittelbaren Umgebung eines potenziellen Lecks führt (Beaubien, et al., 2008; Zhao, et al., 2017). Darüber

hinaus ist eine Auswirkung auf den Boden in Form einer Änderung des pH-Werts in der Regel vollständig reversibel. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es nach Beendigung des Betriebs zu geringfügigen und somit nicht erheblichen Auswirkungen auf den Boden durch CO<sub>2</sub>-Leckagen kommt.

#### Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und kumulative Auswirkungen

Sollten in der unmittelbaren Umgebung weitere Pläne oder Projekte bestehen, kann es zu kumulativen Auswirkungen auf den Boden kommen. Der Grund hierfür ist, dass Aktivitäten wie Erdarbeiten und Flächenversiegelung möglicherweise die allgemeine Bodenfragmentierung in dem Gebiet verstärken können, was potenziell zu weiterer Erosion und zum Verlust organischer Substanz führt (Schjønning, Heckrath, & Christensen, 2009). Auf übergeordneter Ebene ist es nicht möglich, das Ausmaß kumulativer Auswirkungen infolge der Errichtung der Anlagen für Pilot- und Demonstrationsprojekte zu quantifizieren. Da die Auswirkungen der einzelnen Projekte jedoch sowohl als vorübergehend als auch als von begrenztem Ausmaß eingeschätzt werden, werden mögliche kumulative Auswirkungen als nicht erheblich eingeschätzt.

Da geologische Reservoirs in der Regel ein sehr großes Gebiet unter der Erde betreffen, ist es möglich, dass es außerhalb des spezifischen Projektgebiets zu CO<sub>2</sub>-Leckagen kommt. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass ein potenzieller CO<sub>2</sub>-Austritt während der Betriebsphase zu kumulativen Auswirkungen auf die Bodenbeschaffenheit in den umliegenden Böden führt. Allerdings wird sich die Auswirkung auf die unmittelbare Umgebung eines potenziellen Lecks beschränken, weshalb eine kumulative Auswirkung zwischen zwei Pilot- und Demonstrationsprojekten sehr unwahrscheinlich ist. Nur dort, wo die Bodenverhältnisse bereits beeinträchtigt sind, ist die Wahrscheinlichkeit kumulativer Auswirkungen größer. Insgesamt wird eine mögliche kumulative Auswirkung auf den Boden als vernachlässigbar und somit nicht erheblich eingeschätzt.

#### **6.6.1.4 Überwachung und vorgeschlagene Maßnahmen**

Es besteht kein Bedarf an vorbeugenden Maßnahmen oder einer Überwachung der Auswirkungen, da die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Aktivitäten keine erheblichen Auswirkungen auf die Landnutzung insgesamt haben.

#### **6.6.2 Grenzüberschreitende Umweltauswirkungen von Bodenverunreinigungen**

Dieser Abschnitt enthält eine allgemeine Beschreibung der möglichen Auswirkungen von Arbeiten auf kontaminierten Flächen, Bodenhandhabung und Leckage während der Bauphase. Die Folgen einer CO<sub>2</sub>-Leckage in den Boden werden im Abschnitt 6.6.1 behandelt.

Pilot- und Demonstrationsprojekte finden innerhalb der Grenzen Dänemarks statt und müssen im Einklang mit der nationalen Gesetzgebung errichtet und betrieben werden, einschließlich des dänischen Bodenverschmutzungsgesetzes, dessen Ziel es ist, Bodenverschmutzung vorzubeugen, zu beseitigen oder zu begrenzen und schädliche Auswirkungen auf Natur, Umwelt und die menschliche Gesundheit durch die Nutzung und Entsorgung von Boden zu verhindern.

Die geografische Verteilung der kontaminierten Gebiete in Dänemark ist je nach Region unterschiedlich. Da die Durchführungsverordnung ganz Dänemark betrifft, ist davon auszugehen, dass sich kontaminierte Gebiete möglicherweise in der Nähe künftiger Pilot- und Demonstrationsprojekte befinden.

#### *Bewertung von Umweltauswirkungen*

##### Erdarbeiten und Bodenhandhabung

Beim Bau einer Injektionsanlage wird das Gelände zunächst von Vegetation befreit und anschließend durch Abtragen der obersten Erdschicht eingeebnet, um Platz für das Bohrgerät und die dazugehörigen Anlagen zu schaffen. Darüber hinaus können Fundament- und Erdarbeiten erforderlich sein, um die Standsicherheit beispielsweise des Bohrgeräts und der CO<sub>2</sub>-Speichertanks zu gewährleisten. Dabei müssten kleinere Erdmengen bewegt werden.

Sofern im Projektgebiet kontaminierte Flächen ausgewiesen sind, muss vor Baubeginn ein Bodenmanagementplan erstellt werden, der den Umgang mit dem Boden beschreibt. Sauberer Boden und leicht kontaminiert Boden sollen im Rahmen des Projekts recycelt oder vorschriftsgemäß entsorgt werden. Es ist nicht davon auszugehen, dass kontaminiert Boden im Rahmen des Projekts wiederverwendet wird, daher muss dieser vorschriftsgemäß entsorgt werden. Allerdings kann kontaminiert Boden nach Genehmigung durch die Gemeinde in bestimmten Projekten recycelt werden. Durch die Genehmigung wird sichergestellt, dass es u. a. zu keinen unannehbaren Auswirkungen auf die umliegende Umwelt kommt. Die Schadstoffbedingungen werden als unverändert oder durch die Entfernung kontaminiert Boden verbessert eingeschätzt.

Durch die Einhaltung der geltenden Vorschriften zum Umgang mit kontaminiertem Boden und die mögliche Einholung einer Genehmigung zur Wiederverwendung (leicht) kontaminierten Boden können negative Auswirkungen vermieden werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die Arbeiten durchgeführt werden können, ohne dass es zu einer weiteren Verbreitung der Bodenkontamination oder einer erhöhten Belastung der Umwelt und des Menschen kommt. Es wird erwartet, dass die konkreten Projekte außerhalb kontaminiert Gebiete geplant werden können, da die kartierten geologischen Lagerstätten in der Regel ein größeres Gebiet abdecken. Bei den Bautätigkeiten ist daher die Wahrscheinlichkeit gering, dass Erdarbeiten in Gebieten mit kontaminiertem Boden durchgeführt werden, weshalb das Risiko lediglich als vernachlässigbar und somit nicht als erhebliche Umweltauswirkung oder grenzüberschreitende Umweltauswirkung eingeschätzt wird.

#### Leckage

Während der Bauphase des Projekts besteht ein potenzielles Risiko für eine Leckage von Ölprodukten aus technischen Anlagen oder beim Betanken von Baumaschinen usw. Darüber hinaus besteht möglicherweise die Gefahr einer Verunreinigung durch die Lagerung von Öl, Benzin oder anderen Chemikalien in den Arbeitsbereichen. Zudem besteht das Risiko, dass ein Austreten von Bohrflüssigkeiten aus der Lagerung oder während der Bohrung (Blowouts) zu einer Bodenkontamination führen kann, abhängig von den in der Bohrspülung verwendeten Chemikalien.

Bei Öl-, Bohrspülungs- oder Chemikalienlecks während der Bau- und Betriebsphase eines bestimmten Projekts im Geltungsbereich der Durchführungsverordnung wird von einem geringen Ausmaß und geringer Intensität ausgegangen. Sämtliche ggfs. kontaminierten Bodenschichten müssen entsorgt werden. Bei der Errichtung einer stationären Injektionsanlage für ein Pilot- oder Demonstrationsprojekt muss ein Entwurf erstellt werden, der das Auffangen von Oberflächenwasser und ggfs. ausgelaufenem Öl usw. aus technischen Anlagen zum Zwecke der ordnungsgemäßen Handhabung gemäß der geltenden nationalen Gesetzgebung ermöglicht. Danach ist nicht mehr mit einer erheblichen Belastung des Bodens oder des Grundwassers zu rechnen. Vor Beginn der Bauarbeiten wird ein Notfallplan für den Umgang mit und die Begrenzung von Öl-, Bohrspülungs- oder Chemikalienlecks erstellt, die den Boden und das Grundwasser verunreinigen könnten. Bei einer Verunreinigung müssen die Behörden kontaktiert werden. Bei Einhaltung der geltenden Gesetzgebung sowie schnellem und wirksamen Handeln im Falle einer Ölverschmutzung besteht nur ein geringes Risiko einer Bodenkontamination, weshalb die Auswirkungen als nicht erheblich und ohne grenzüberschreitende Umweltauswirkungen bewertet werden.

## 6.7 Landschafts- und optische Bedingungen

### 6.7.1 Grenzüberschreitende Umweltauswirkungen auf Landschafts- und optische Bedingungen

In diesem Abschnitt wird eine Bewertung der möglichen Auswirkungen auf die Landschaft infolge der von der Durchführungsverordnung erfassten Pilot- und Demonstrationsprojekte vorgenommen.

Während der Bauphase von Pilot- und Demonstrationsprojekten kann es durch die Installation technischer Anlagen und Arbeitsflächen zu vorübergehenden, aber sichtbaren Veränderungen im Landschaftsbild kommen. Hierzu zählen u. a. Arbeits- und Bohrplätze, Zufahrtswege, Lagerflächen und temporäre Anlagen, die insbesondere in offenen oder landschaftssensiblen Bereichen optisch dominierend wirken können. Die Auswirkungen hängen maßgeblich von der Beschaffenheit und Anfälligkeit der Landschaft ab, u. a. davon, ob das Gebiet einen Erholungswert hat, als schützenswert ausgewiesen ist oder besondere optische Qualitäten aufweist. Während der Betriebsphase kann es bei Pilot- und Demonstrationsprojekten durch die technischen Anlagen wie Brunnen, Messeinrichtungen, Zufahrtswege, Kompressoranlagen etc. zu optischen Veränderungen, insbesondere auf Freiflächen oder in Erholungsgebieten, kommen. Die Auswirkungen hängen von der Gestaltung und Lage der Anlagen sowie der Beschaffenheit und Anfälligkeit der umgebenden Landschaft ab.

Da auf dieser übergeordneten Planungsebene keine konkreten Standorte ausgewiesen sind und auch keine detaillierten Projektbeschreibungen vorliegen, erfolgt die Bewertung der Landschaftsauswirkungen qualitativ. Das heißt, es wurden keine Visualisierungen oder Analysen konkreter Eingriffe in die Landschaft durchgeführt. Die Auswirkungen hängen vom Standort des jeweiligen Pilot- und Demonstrationsprojekts ab, darunter davon, ob es sich auf einer Freifläche, in einem Erholungsgebiet oder optisch anfälligen Bereich befindet, sowie von der Gestaltung der Anlage. Vor diesem Hintergrund orientieren sich die Bewertungen an nationalen Landschaftsschutzinteressen.

#### *Bewertung von Umweltauswirkungen*

In der Bauphase der konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekte kommen größere Maschinen wie LKW und Schiffe zum Transport der Elemente sowie Kräne oder temporäre Baukonstruktionen zum Einsatz. Die Bauphase ist vorübergehend und dauert je nach Größe der Anlage ca. 12 bis 24 Monate. Dies gilt sowohl für Onshore- als auch für Offshore-Anlagen. Durch die Bauphase kann es daher zu vorübergehenden optischen und landschaftlichen Beeinträchtigungen kommen.

Die optischen und landschaftlichen Auswirkungen während der Bauphase werden als lokal unterschiedlich stark eingeschätzt. An Land hängt das Ausmaß der Auswirkungen von der Landschaft ab, in der die Bauarbeiten stattfinden, und davon, ob es sich um ein ländliches, städtisches oder industrielles Gebiet handelt. Außerdem ist es entscheidend, ob bereits Vegetation vorhanden ist, die die Bauarbeiten mehr oder weniger verdecken kann. Bei Offshore-Anlagen hängt das Ausmaß der Auswirkungen vom Standort der einzelnen Anlage im Verhältnis zur Küste ab, wobei die Bauarbeiten an einem Küstenstandort am sichtbarsten und dominantesten sind. Die Durchführungsverordnung gibt keine konkreten Standorte vor. Im weiteren Planungsverlauf können geeignete Gebiete ausgewählt werden, bei denen eine Beeinträchtigung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten minimiert werden kann. Insgesamt werden die Landschafts- und optischen Auswirkungen während der Bauphase je nach Standort als gering bis mäßig eingeschätzt. Das Ausmaß der Auswirkungen hängt u. a. vom Standort des Projekts, der Baumethode und den örtlichen Landschaftsverhältnissen ab und Art und Ausmaß der Auswirkungen können daher auf dieser Planungsebene nicht abschließend beurteilt werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Projekte und möglichen Maßnahmen wird jedoch auf Grundlage der vorstehenden Ausführungen davon ausgegangen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Pilot- und Demonstrationsprojekte mit Maßnahmen im

Rahmen und Geltungsbereich der Durchführungsverordnung umgesetzt werden können, ohne dass es während der Bauphase zu erheblichen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und sonstiger optischer Gegebenheiten kommt. Diese Bewertung unterstreicht den vorübergehenden Charakter der Bauphase (bis zu 24 Monate) und den begrenzten geografischen Umfang der spezifischen Pilot- und Demonstrationsprojekte. Die Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die optischen Gegebenheiten während der Bauphase auf See und an Land werden daher als nicht erheblich und ohne grenzüberschreitende Umweltauswirkungen eingeschätzt.

#### *Betriebsphase*

Während der Betriebsphase kann es bei Pilot- und Demonstrationsprojekten durch die technischen Anlagen wie Brunnen, Messeinrichtungen, Zufahrtswege, Kompressoranlagen etc. für einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren zu optischen Veränderungen, insbesondere auf Freiflächen oder in Erholungsgebieten, kommen. Die Auswirkungen hängen von der Ausgestaltung und Lage der Anlagen sowie vom Charakter und der Anfälligkeit der umgebenden Landschaft ab, einschließlich der optischen Aspekte der Küstenlandschaft, insbesondere im Hinblick auf Offshore-Anlagen. Die Anlagen sollen eine Höhe von bis zu 30 m und eine Größe von etwa 0,5 bis 2 Hektar erreichen. Die Auswirkungen auf das optische Erscheinungsbild und die Landschaft werden daher als lokal begrenzt eingeschätzt und können durch Maßnahmen wie die Integration der Anlage in geeignete Landschaftsräume teilweise minimiert werden. Die Anlagen werden maximal zwei Jahre in Betrieb sein, wonach die oberirdischen Anlagen abgebaut werden. Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass es bei der Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten zu optischen und landschaftlichen Auswirkungen kommen kann. Je nach konkretem Projekt handelt es sich um temporäre Projekte mit einer Laufzeit von bis zu zwei Jahren. Etwaige Auswirkungen werden daher als nicht erheblich eingeschätzt, da der Standort des Anlagentyps immer einer spezifischen Prüfung unter Berücksichtigung des Landschaftszustands, der Robustheit, des Erlebniswerts und der besonderen Merkmale des jeweiligen Landschaftstyps bedarf. Aufgrund des Ausmaßes der Auswirkungen, einschließlich ihres vorübergehenden Charakters und ihrer Reversibilität, wird bei den Projekten davon ausgegangen, dass sie zu lokalen, mäßigen und nicht erheblichen Auswirkungen auf die optischen und landschaftlichen Bedingungen führen können. Auf dieser Grundlage wird beurteilt, dass keine grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen auftreten werden.

Die Auswirkungen auf die optischen Gegebenheiten an der Küste hängen von der konkreten Lage der Anlagen auf See ab, einschließlich der Nähe zur Küste. Die Durchführungsverordnung gibt keine konkreten Standorte vor. Im weiteren Planungsverlauf können sowohl an Land als auch auf See geeignete Standorte ausgewählt werden, bei denen eine Beeinträchtigung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten minimiert werden kann. Die Anlagen werden voraussichtlich bis zu 30 m hoch und etwa 0,5 bis 2 Hektar groß sein, vergleichbar mit der Größe einer aktiven Bohrplattform. Die optischen Auswirkungen werden lokaler Natur sein und können bis zu einem gewissen Grad minimiert werden, indem man sie beispielsweise in Bereichen platziert, die bereits einen technischen Charakter haben, oder indem man dafür sorgt, dass die Entfernung zur Küste dazu beiträgt, die optische Beeinträchtigung durch die Anlagen zu minimieren. Die Anlagen werden maximal zwei Jahre in Betrieb sein, wonach die oberirdischen Anlagen abgebaut werden. Jegliche Auswirkungen werden daher nur vorübergehender Natur sein. Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass es bei der Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten gemäß der Verordnung zu optischen Beeinträchtigungen der Küsten kommen kann. Etwaige Auswirkungen werden als nicht erheblich eingeschätzt, da der Standort des Anlagentyps immer einer spezifischen Prüfung unter Berücksichtigung der optischen Gegebenheiten und der besonderen Merkmale des jeweiligen Standorts bedarf. Aufgrund des Ausmaßes der Auswirkungen, einschließlich ihres vorübergehenden Charakters und ihrer Reversibilität, wird bei den Projekten auf See davon ausgegangen, dass sie mäßige, nicht erhebliche Auswirkungen auf die optischen Gegebenheiten haben und dass keine grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen auftreten.

Auf der Grundlage der oben genannten Punkte wird davon ausgegangen, dass die Verabschiedung der aktualisierten Durchführungsverordnung geeignete Möglichkeiten zur Lokalisierung und Integration von Pilot- und Demonstrationsprojekten auf eine Weise gewährleisten wird, bei der die Auswirkungen auf die Landschaft und die optischen Gegebenheiten minimiert werden. Insgesamt wird daher davon ausgegangen, dass die erforderlichen Überlegungen so berücksichtigt werden können, dass die Umsetzung der Projekte keine wesentlichen Auswirkungen auf die Landschaft und die optischen Gegebenheiten in den konkreten Bereichen hat.

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch den Plan ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob es insgesamt zu erheblichen Auswirkungen auf landschaftliche und optische Gegebenheiten kommt. Die Kumulierung mit regionalen, kommunalen und lokalen Plänen hängt vom Standort des jeweiligen Projekts ab, der noch nicht entschieden ist. Das genaue Ausmaß dieser kumulativen Auswirkungen lässt sich somit auf dieser gesamtstrategischen Ebene nicht beurteilen. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Projekte wird es jedoch als wahrscheinlich eingeschätzt, dass die Projekte errichtet und umgesetzt werden können, ohne dass es zu kumulativen Effekten mit anderen Plänen und Projekten kommt.

## 6.8 Klima

### 6.8.1 Grenzüberschreitende Umweltauswirkungen – Klima

Klimafaktoren können durch die Aktivitäten beeinflusst werden, die sich aus der Errichtung der spezifischen Pilot- und Demonstrationsprojekte in der Bauphase ergeben, wie etwa die Herstellung von Materialien, Transport, Bauarbeiten und energieverbrauchende Anlagenteile wie Kompressoren usw. In der Betriebsphase entstehen Emissionen durch den Transport von CO<sub>2</sub> vom Abscheidungsort zur Lagerstätte. Während der Betriebsphase führt die Speicherung von CO<sub>2</sub> zu einer Reduzierung der Treibhausgase, was sich positiv auf das Klima auswirkt. Schließlich könnten die Ergebnisse der spezifischen Pilot- und Demonstrationsprojekte dazu beitragen, die Entwicklung künftiger CO<sub>2</sub>-Lagerstätten im großen Maßstab voranzutreiben.

Auf globaler Ebene ist das Pariser Übereinkommen die zentrale Rechtsgrundlage, auf deren Grundlage die teilnehmenden Länder verpflichtet sind, nationale Minderungsziele (Nationally Determined Contributions, NDCs) zu erarbeiten und zu aktualisieren. Das Übereinkommen setzt sich das Gesamtziel, den durchschnittlichen globalen Temperaturanstieg auf deutlich unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, und strebt eine weitere Begrenzung auf 1,5 °C an, um klimabedingte Risiken und Auswirkungen zu minimieren. Die Umsetzung von CO<sub>2</sub>-Speicherlösungen trägt aktiv zur Begrenzung der globalen Erwärmung bei und unterstützt gleichzeitig die Erreichung der internationalen Klimaziele.

Auf EU-Ebene legt das Europäische Klimagesetz <sup>24</sup> das Ziel der Klimaneutralität bis spätestens 2050 fest. Das Gesetz enthält außerdem das Ziel einer Nettoreduzierung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % bis 2030 im Vergleich zum Stand von 1990. Hierzu gehören sowohl Emissionsminderungen als auch eine verstärkte Absorption, beispielsweise durch Aufforstung und Kohlenstoffspeicherung (Det Europæiske Råd, 2022).

#### Bewertung von Umweltauswirkungen

<sup>24</sup> EU-Verordnung 2021/1119 vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“).

Die Bewertungen der zeitlich befristeten Pilot- und Demonstrationsprojekte erfolgen auf Basis allgemeiner Erkenntnisse über Zustand und Entwicklung des Klimas auf Basis des Weltklimarats der Vereinten Nationen (IPCC). In den kommenden Jahrzehnten wird mit umfangreichen technologischen Entwicklungen im Bereich der Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> gerechnet. Aus diesem Grund ist die Bewertung der Wirksamkeit der zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> eingesetzten Technologien mit großer Unsicherheit verbunden.

Die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> im Untergrund ist ein wichtiges Instrument zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Die CO<sub>2</sub>-Speicherung kann eine langfristige und strategische Rolle bei der Erreichung nationaler und internationaler Klimaziele spielen. Die durch die Durchführungsverordnung ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte schöpfen dieses Potenzial allerdings nur zu einem Bruchteil aus, da jedes Projekt auf 100 kt CO<sub>2</sub> begrenzt ist. Die Ergebnisse der spezifischen Pilot- und Demonstrationsprojekte könnten jedoch dazu beitragen, die Entwicklung künftiger CO<sub>2</sub>-Lagerstätten in vollem Umfang voranzutreiben. Aktivitäten und Prozesse im Zusammenhang mit Pilot- und Demonstrationsprojekten, einschließlich der Produktion und des Transports von Materialien, der Errichtung und des Betriebs von Anlagen usw. erfordern einen gewissen Energieverbrauch. Dadurch wird der durch die Umsetzung der spezifischen Projekte erzielte Gesamtnutzen in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen in gewissem Maße verringert. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen hängen vom jeweiligen Pilot- und Demonstrationsprojekt ab, u. a. vom Standort, der Entfernung zwischen Lagerstätte und Abscheidungsanlage usw., weshalb die Auswirkungen auf das Klima je nach Pilot- oder Demonstrationsprojekt unterschiedlich ausfallen. Darüber hinaus hängt die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre davon ab, dass das gespeicherte CO<sub>2</sub> im Laufe der Zeit nicht durch die Bodenschichten aufsteigt und der Injektionsbrunnen dicht verschlossen wird. In Abschnitt 6.5.1 wird das Risiko von CO<sub>2</sub>-Leckagen jedoch als sehr gering eingeschätzt. Daher ist davon auszugehen, dass die CO<sub>2</sub>-Gesamtbilanz durch die Pilot- und Demonstrationsprojekte reduzierte Gesamtemissionen aufweisen wird. Auf dieser übergeordneten Planungsebene, auf der keine Kenntnisse über künftige konkrete Projekte vorliegen, und auf der Grundlage der oben genannten Punkte wird es nicht möglich sein, den tatsächlichen Klimanutzen der konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekte zu quantifizieren.

Es wird davon ausgegangen, dass die Änderung der Durchführungsverordnung, die die Umsetzung konkreter Pilot- und Demonstrationsprojekte im ganzen Land und auf See ermöglicht, an sich nicht zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion in der Atmosphäre mit signifikanten Auswirkungen auf das Klima führen wird. Dies liegt daran, dass die Anlagen sowohl in der Bau- als auch in der Betriebsphase Energie verbrauchen und jede Anlage nur eine sehr begrenzte Kapazität von maximal 100 kt CO<sub>2</sub> in einem Zeitraum von zwei Jahren hat. Doch durch die Ausweitung der Möglichkeiten zur Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten können voraussichtlich mehr Projekte an den am besten geeigneten Standorten umgesetzt werden. Die spezifischen Projekte werden zum notwendigen Wissensaufbau beitragen und so die Weiterentwicklung und Optimierung zukünftiger groß angelegter Speicherprojekte unterstützen. Auf dieser Grundlage wird die Verabschiedung der Durchführungsverordnung als positiv, jedoch nicht erheblich, auf den Umweltfaktor Klima und somit nicht als grenzüberschreitende Umweltauswirkung bewertet.

Im Hinblick auf die kumulativen Auswirkungen muss beurteilt werden, ob andere Pläne die Umweltauswirkungen der durch den Plan ermöglichten Pilot- und Demonstrationsprojekte verstärken oder ihnen entgegenwirken. Dabei muss auch geprüft werden, ob es insgesamt zu Auswirkungen auf klimatische Faktoren kommt. Es wird davon ausgegangen, dass die konkreten Pilot- und Demonstrationsprojekte keine erheblichen Auswirkungen auf das Klima haben werden. Allerdings unterstützen sowohl die internationalen, europäischen als auch die dänischen Klimaziele im Zusammenspiel mit anderen konkreten Initiativen und Bemühungen auf nationaler und internationaler Ebene eine positive kumulative Auswirkung auf das Klima.

## 6.9 Maritimer Raumordnungsplan

Der Rahmen für den maritimen Raumordnungsplan ist im dänischen Gesetz über die maritime Raumordnung<sup>25</sup> festgelegt, mit dem Teile der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur maritimen Raumordnung umgesetzt werden.<sup>26</sup> Die Vorschriften des maritimen Raumordnungsplans sind für staatliche und kommunale Behörden bindend, wenn sie Pläne verabschieden oder Genehmigungen usw. für die Landnutzung in dänischen Meeresgebieten erteilen. Der maritime Raumordnungsplan ändert nichts an der Tatsache, dass bestimmte Projekte, wie beispielsweise neue feste Anlagen, möglicherweise weiterhin einer Umweltverträglichkeitsprüfung und möglicherweise einer Lebensraumprüfung gemäß den geltenden Vorschriften unterzogen werden müssen und dass nationale, EU-rechtliche und andere internationale Verpflichtungen eingehalten werden müssen.<sup>27</sup>

Der maritime Raumordnungsplan umfasst das gesamte dänische Meeresgebiet, d. h. die Hoheitsgewässer und die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ). Der maritime Raumordnungsplan stellt den allgemeinen, geographischen und planerischen Rahmen für die Nutzung der Meeresgebiete dar und umfasst verschiedene Nutzungen und Aktivitäten. Die Flächenaufteilung erfolgt nach Zonen, die sich in vier Typen unterteilen lassen: Entwicklungszonen, Sondernutzungszonen, Natur- und Umweltschutzgebiete sowie allgemeine Nutzungszonen. Die Behörden sind in ihrer Verwaltungsstruktur verpflichtet, darauf zu achten, dass Genehmigungen o. Ä. für die Landnutzung auf See nicht im Widerspruch zum maritimen Raumordnungsplan stehen, vgl. § 14 des Gesetzes über die maritime Raumordnung.

Der maritime Raumordnungsplan sieht fünf Entwicklungszonen für die CO<sub>2</sub>-Speicherung vor, vier davon in der Nordsee und eine im Kattegat (Figur 6.9). Grundsätzlich würde eine Genehmigung von Pilot- und Demonstrationsprojekten außerhalb der ausgewiesenen Zonen im Widerspruch zum maritimen Raumordnungsplan stehen. Mit Wirkung vom 27. Mai 2025 wurde jedoch eine Änderung des Gesetzes über die maritime Raumordnung verabschiedet, die Ausnahmen von den Bestimmungen des maritimen Raumordnungsplans ermöglicht.<sup>28</sup> Hier wurde folgender § 16a ergänzt und tritt ab dem 1. Juni 2025 in Kraft (deutsche Übersetzung):

*„Der Minister für Wirtschaft und Industrie kann auf der Grundlage eines Ausnahmeantrags einer staatlichen Behörde Ausnahmen von Bestimmungen im maritimen Raumordnungsplan, Vorschlägen für einen maritimen Raumordnungsplan oder Änderungen des maritimen Raumordnungsplans für Landnutzungen zu Forschungszwecken bzw. zur Entwicklung oder Erprobung gewähren, die zeitlich auf höchstens vier Jahre begrenzt sind. Die Landnutzung muss darauf ausgerichtet sein, Ziele in den Bereichen Klima, erneuerbare Energien, Natur, Umwelt und biologische Vielfalt zu unterstützen und zu beschleunigen.“*

In der Praxis bedeutet dies, dass Pilot- und Demonstrationsprojekte in Gebieten außerhalb der ausgewiesenen Entwicklungszonen mit entsprechender Ausnahmeregelung und unter Berücksichtigung der HELCOM-Bestimmungen grundsätzlich nicht mit den Bestimmungen des maritimen Raumordnungsplans kollidieren, sofern die Projektlaufzeit nicht länger als vier Jahre beträgt. Es wird daher davon ausgegangen, dass es mögliche

<sup>25</sup> Durchführungsverordnung Nr. 400 vom 6. April 2020 zum Gesetz über die maritime Raumordnung

<sup>26</sup> Richtlinie 2014/89/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Juli 2014 zur Schaffung eines Rahmens für die maritime Raumordnung

<sup>27</sup> [BERICHT ÜBER DEN MARITIMEN RAUMORDNUNGSPLAN](#)

<sup>28</sup> Durchführungsverordnung Nr. 560 vom 27.05.2025, Gesetz zur Änderung des Gesetzes zum Schutz der Meeressumwelt, des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung von Plänen und Programmen sowie von spezifischen Projekten (UVP), des Gesetzes über die Gewinnbeteiligung bei der Nutzung genetischer Ressourcen und verschiedener anderer Gesetze, <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2025/560>

Lösungen für die Durchführung von Pilot- und Demonstrationsprojekten im Rahmen dieser Durchführungsverordnung geben wird, die mit dem maritimen Raumordnungsplan vereinbar sind.

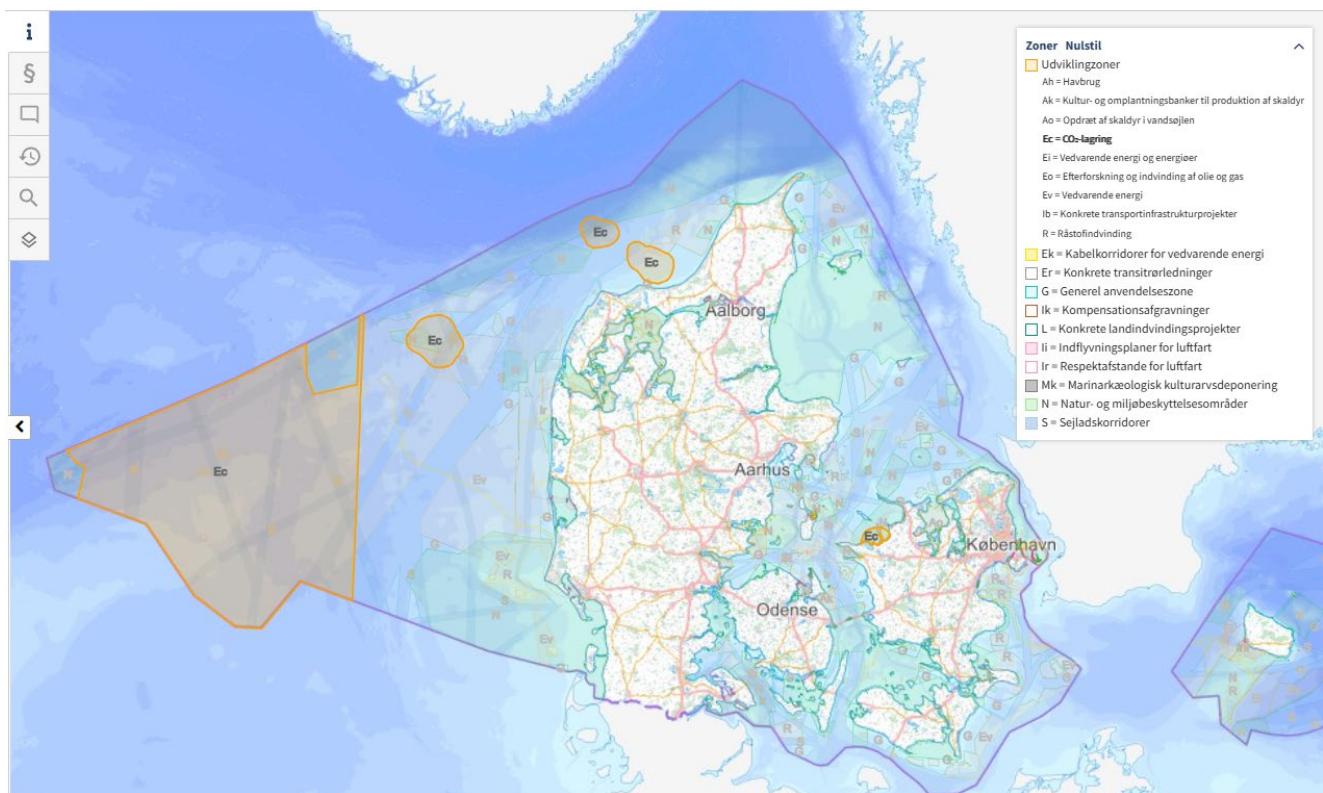


Abb. 6.9. Die fünf Gebiete in dänischen Gewässern (Ec), die im maritimen Raumordnungsplan für die CO<sub>2</sub>-Speicherung ausgewiesen wurden (Danmarks Havplan, 2025)

## 7. Anhänge und Literaturverzeichnis

### Anhänge

Anhang 1: Scoping-Memo inkl. Weißbuch (White Paper) mit Behandlung der Stellungnahmen

### Literaturverzeichnis

- Energistyrelsen. (09. Maj 2025). *Forslag til afgrænsning af strategisk miljøvurdering af udvidelse af bekendtgørelse om CO<sub>2</sub>-lagringspilot- og demonstrationsprojekter*. Hentet fra Hørings Portalen :  
<https://hoeringsportalen.dk/Hearing/Details/70008>
- Airoldi, L. (2003). The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology: an annual review*, 41. 161-236.
- Al Baroudi, H., Awoyomi, A., Patchigolla, K., Jonnalagadda, K., & Anthony, E. (2021). *A review of large-scale CO<sub>2</sub> shipping and marine emissions management for carbon capture, utilisation and storage*. Applied Energy. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116510>
- Amour, F., Hosseinzadeh, B., Hajiabadi, M., & Nick, H. (2025). *What if chalk becomes mechanically weaker during supercritical CO<sub>2</sub> injection in a depleted gas reservoir?* International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2025.106093>
- Amundin, M., Carlström, J., Thomas, L., Carlén, I., TEilmann, J., Tougaard, J., . . . al., e. (2022). Estimating the abundance of the critically endangered Baltic Proper harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) population using passive acoustic monitoring. *Ecology and Evolution*. doi:[10.1002/ece3.8554](https://doi.org/10.1002/ece3.8554)
- Andersen, S. (1970). Auditory sensitivity of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, I e. b. Pilleri, *Investigations on Cetacea* (s. 255–259).
- Andersson, M. H., Carlsson, J., Thörn, F., & Östberg, M. (2025). Beräkning av akustisk påverkan från pålning för havsbaserad vindkraft.
- Aoki, N., Murakami, F., Asakawa, E., Kozawa, T., Abe, S., Miura, T., . . . Tsuj, T. (2024). *Development of Seismic Sources for Coastal CCS/CCUS Projects with Considering Underwater Noise Issues*.
- Arbejdstilsynet. (2024). Arbejdsulykker og kulbrinteudslip offshore olie- og gasanlæg, 2013-2023. Hentet fra <https://offshore.at.dk/media/t3md3inw/arbejdsulykker-og-kulbrinteudslip-paa-anlaeg-offshore-2013-2023.pdf>
- ASCOBANS. (2016). ASCOBANS recovery plan for Baltic harbour porpoises. Jastarnia Plan. (2016 Revision). 8th meeting of the parties to ASCOBANS. Helsinki, Finland: ASCOBANS secretariat. Hentet fra [https://www.ascobans.org/sites/default/files/document/ASCOBANS\\_JastarniaPlan\\_MOP8.pdf](https://www.ascobans.org/sites/default/files/document/ASCOBANS_JastarniaPlan_MOP8.pdf)
- Bas, A., Christiansen, F., Ozturk, A., Ozturk, B., & McIntosh, C. (2017). The effects of marine traffic on the behaviour of Black Sea harbour porpoises (*Phocoena phocoena relicta*) within the Istanbul Strait, Turkey. *Plos One* 12.
- Bashir, A., Ali, M., Patil, S., Aljawad, M. S., Mahmoud, M., Al-Shehri, D., . . . Kamal, M. S. (2024). *Comprehensive review of CO<sub>2</sub> geological storage: Exploring principles, mechanisms, and prospects*. Earth-Science Reviews. doi:<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104672>
- Beaubien, S., Ciotoli, G., Coombs, P., Dictor, M., Krüger, M., Lombardi, S., . . . West, J. M. (2008). *The impact of a naturally occurring CO<sub>2</sub> gas vent on the shallow ecosystem and soil chemistry of a Mediterranean pasture (Latera, Italy)*. International Journal of Greenhouse Gas Control. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2008.03.005>
- BEK nr. 1257 af 27/11/2019. (u.d.). Bekendtgørelse om indretning, etablering og drift af olietanke, rørsystemer og pipelines.

- Bhuvankar, P., Cihan, A., & Birkholzer, J. (2022). Simulating of the rapid CO<sub>2</sub> leakage during well blowouts. *AGU Fall Meeting, 12–16 December.* Hentet fra <https://agu.confex.com/agu/fm22/meetingapp.cgi/Paper/1203067#:~:text=Plain%2Dlanguage%20Summary,the%20wellhead%20during%20the%20blowout>.
- By-, Land- og Kirkeministeriet. (2024). *Bekendtgørelse af lov om planlægning, LBK nr. 572 af 29/05/2024.* Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2024/572#iddb17367e-5076-42df-b5b3-9c7d8184a845>
- By-, Land- og Kirkeministeriet. (2024). LBK nr 572 af 29/05/2024 Bekendtgørelse af lov om planlægning.
- Carl, H., Berg, S., & Møller, P. (2019). Helt (og snæbel). I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). *Atlas over danske saltvandsfisk.* Statens Naturhistoriske Museum. I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). *Atlas over danske saltvandsfisk.* Statens Naturhistoriske Museum. .
- Carl, H.; Møller, P. R. (2019b). *Sandkutling I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk.* Statens Naturhistoriske Museum. Onlineudgivelse. Hentet fra [https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Sandkutling\\_Fiskeatlas.pdf](https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Sandkutling_Fiskeatlas.pdf)
- Carl, H.; Møller, P.R. (2019a). *Fisk 2018. I Moeslund, J.E. m.fl. (red.): Den Danske Rødliste.* Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. [redlist.au.dk](http://redlist.au.dk).
- Carpenter, C. (2025). *Pilot Project for Carbon Dioxide Injection Uses Coiled Tubing and a Retrievable Bridge Plug.* Journal of Petroleum Technology. doi:<https://doi.org/10.2118/0625-0009-JPT>
- Chadwick, A., Arts, R., Bernstone, C., May, F., Thibeau, S., & Zweigel, P. (2008). *Best practice for the storage of CO<sub>2</sub> in saline aquifers.* British Geological Survey. Hentet fra <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/160498/best-practice-storage-co2-saline-aquifers-observations-guidelines-sacs-co2store-projects.pdf>
- Chapman, A., & Fletcher, R. (2002). Differential effects of sediments on survival and growth of *Fucus serratus* embryos (Fucales, Phaeophyceae). *Journal of Phycology*, 38:894–903.
- Chiquet, P., Daridon, J.-L., Broseta, D., & Thibeau, S. (2007). *CO<sub>2</sub>/water interfacial tensions under pressure and temperature conditions of CO<sub>2</sub> geological storage.* Energy Conversion and Management. doi:[doi.org/10.1016/j.enconman.2006.09.011](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.09.011)
- Christian Kjær (Red.), L. C. (2023). *Opdatering af: Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets bilag IV.* [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige\\_rapporter\\_500-599/SR520.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR520.pdf): Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.
- Christian Kjær, C. (, Adrados, L., Boel, M., Briggs, L., Christensen, P., Damm, N., . . . Wiberg-Larsen, P. (2023). Opdatering af: Håndbog om dyrearter på habitatdirektivets Bilag IV. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 271 s. - Videnskabelig rapport nr. 520. .
- Cooke, J. (2018). Balaenoptera acutorostrata. The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Redlist. Hentet 30. 06 2025
- COWI. (2021). CCS - *INTERNATIONALE ERFARINGER - SIKKERHED, NATUR OG MILJØ.* <https://www.ft.dk/samling/20222/almdel/kef/bilag/130/2665699.pdf>: COWI.
- Dahl, K., Hansen, J., Pedersen, I., Lønborg, C., & Göke, C. (2022). Potentielle natur og miljø virkemidler, forvaltningsprincipper og overvågning i vindmølleparkområder. Videnskabelig rapport nr. 490. 54. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Hentet fra <http://dce2.au.dk/pub/SR490.pdf>
- Danmarks Havplan.* (2025). Hentet 12. 06 2025 fra <https://havplan.dk/da/page/info>
- Danmarks Miljøportalen. (2021). Hentet fra Danmarks Miljøportal: <https://miljoeportal.dk/>
- Danmarks Statistik. (u.d.). *Klima.* Hentet fra Udledninger af drivhusgasser: <https://www.dst.dk/da/Statistik/temaer/klima>

- Dansk Arbejdsgiverforening. (2018). *Fald i ulykkesfrekvens og ulykkesfravær*. Hentet fra <https://www.da.dk/statistik/ulykkesstatistik/ulykkesstatistik-2017/#:~:text=Fald%20i%20ulykkesfrekvens%20for%20alle,%2C7%20til%2019%2C5>.
- DCE – Nationalt Center for Miljø og Energ. (2022). *Luftkvalitet 2020 - Status for den nationale luftkvalitetsovervågning i Danmark*. Hentet fra <https://dce2.au.dk/pub/SR467.pdf>
- DCE. (2021). *HAVETS pH-BALANCE – påvirkning fra klima og næringsstoffer*. Aarhus: Nationalt Center for Miljø og Energi. Hentet fra <https://dce2.au.dk/pub/SR429.pdf>
- Delefosse, M., Rahbek, M., Roesen, L., & Clausen, K. (2017). Marine mammal sightings around oil and gas installations in the central North Sea. . *J. Mar. Biol. Ass. UK*. 98:993-1001. .
- Dennison et al. . (1993). Assessing Water Quality with Submersed Aquatic Vegetation. *BioScience* Vol. 43, No. 2. 86-94.
- Det Europæiske Råd. (2022). *Europæisk klimalov*. Hentet fra EU's seneste politiktiltag vedrørende klimaændringer: <https://www.consilium.europa.eu/da/policies/climate-change/eu-climate-action/>
- Devinnny, J., & Volse, V. (1978). Effects of sediments on the development of *Macrocystis pyrifera* gametophytes. . *Marine Biology*, 48 (4): 343-348.
- DHI. (2023). Greensand Phase 2-WP \_ 1 Storage Site Endorsement and Data Acquisition Impact of gas leakage at the seabed - Numerical modelling.
- Eckman, J., & Duggins, D. (1991). Life and death beneath macrophyte canopies: effects of understory kelps on growth rates and survival of marine, benthic suspension feeders. *Oecologia*, 87: 473-487.
- EEA. (23. 10 2015). *Jorden og jordbunden taber terræn til menneskelige aktiviteter*. Hentet 3. Juli 2025 fra [https://www.eea.europa.eu/da/articles/jorden-og-jordbunden-taber-terraen#:~:text=Dyrkning%20af%20f%C3%B8devarer%2C%20produktion%20af,arv%20briges%20ogs%C3%A5%20i%20fare](https://www.eea.europa.eu/da/articles/jorden-og-jordbunden-taber-terraen#:~:text=Dyrkning%20af%20f%C3%B8devarer%2C%20produktion%20af,arv%20bringes%20ogs%C3%A5%20i%20fare).
- Elmeros, M., Fjederholt, E., Møller, J., Baagøe, H., & Bladt, J. (2024). Opdatering af: Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets. Del 2 - Odder og flagermus. Del 2 – Odder og flagermus. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for.
- Energinet. (2022). *Miljøredgørelse 2021*. Hentet fra <https://energinet.dk/media/p42d2niv/miljoeredegoerelse-2021.pdf>
- Energinet. (2022c). *Projektbeskrivelse for kabelanlæg - skabelon. Bilag 1*.
- Energistyrelsen . (u.d.). *Myter og fakta om CCS*. Hentet fra Energistyrelsen : <https://ens.dk/forsyning-og-forbrug/myter-og-fakta-om-ccs>
- Energistyrelsen. (2018). Standartvilkår for forundersøgelser til havs.
- Energistyrelsen. (2022). *Miljøvurdering af bekendtgørelse for pilot- og demonstrationsprojekter for lagring af CO2 i Nordsøen*. Hentet fra Hørings Portalen: <https://hoeringsportalen.dk/Hearing/Details/66208>
- Energistyrelsen. (2023). Guideline for underwater noise, Prognosis for EIA and SEA assessments.
- Energistyrelsen. (2023). Guideline for underwater noise, Prognosis for EIA and SEA assessments.
- Energistyrelsen. (2024). Vejledning for boring og brønd operationer på land i Danmark 2024. Energistyrelsen - Undergrund. Hentet fra [file:///C:/Users/STOR/Downloads/vejledning\\_for\\_boring\\_og\\_broend\\_operationer\\_paa\\_land\\_i\\_danmark\\_2024\\_rev\\_1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/STOR/Downloads/vejledning_for_boring_og_broend_operationer_paa_land_i_danmark_2024_rev_1%20(1).pdf)
- Energistyrelsen. (9. Januar 2025). Hentet fra Energistyrelsen åbner for ansøgninger til efterforskning og CO2-lagring nær den danske kyst: <https://ens.dk/presse/energistyrelsen-aabner-ansoegninger-til-efterforskning-og-co2-lagring-naer-den-danske-kyst#:~:text=Det%20kommende%20udbud%20af%20tilladelser,2%20i%20undergrunden%20p%C3%A5%20land>

- Energistyrelsen. (2025). *CCS - fangst og lagring af CO<sub>2</sub>*. Hentet fra Energistyrelsen: <https://ens.dk/forsyning-og-forbrug/ccs-fangst-og-lagring-af-co2>
- Energistyrelsen. (u.d.). *Teknologikataloger*. Hentet fra Energistyrelsen: <https://ens.dk/analyser-og-statistik/teknologikataloger>
- Eriksson, B., & Johansson, G. (2005). Effects of sedimentation on macroalgae: species-specific responses are related to reproductive traits. *Oecologia*, 143: 438-448.
- EUDP. (2024). *Greensand Phase 2 Final report - EUDP*. Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram. Hentet fra <https://eudp.dk/files/media/document/Final%20report%20Greensand%20Phase%202.pdf>
- Europa Kommisionen. (u.d.). *Konsekvenserne af klimaforandringerne*. Hentet fra Energi, klimaændringer og miljø: [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change\\_da](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_da)
- Europa Kommissionen. (9. Oktober 2023). *Kommissionen glæder sig over færdiggørelsen af central "Fit for 55"-lovgivning, der bringer EU på rette vej mod at overgå 2030-målene*. Hentet fra Pressehjørnet: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/da/ip\\_23\\_4754](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/da/ip_23_4754)
- European Union. (23. Februar 2017). *Helsingfors-konventionen om beskyttelse af Østersøen*. Hentet fra EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/DA/legal-content/summary/helsinki-convention-on-the-protection-of-the-baltic-sea.html>
- Fan, X., Hu, Q., & Cheng, Y. (2025). *Corrosion and Material Degradation in Geological CO<sub>2</sub> Storage: A Critical Review*. Engineering. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eng.2025.02.021>
- FEMA. (2013). Marine Fauna and Flora – Impact Assessment. Benthic Flora of the Fehmarnbelt Area. Report.
- Femern Sund og Bælt. (2013). Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Fauna and Flora – Impact Assessment. Benthic Flora of the Fehmarnbelt Area. *Report No. E2TR0021 - Volume I*.
- Fredshavn, J., B. Nygaard, R. E., Therkildsen, O. R., Elmeros, M., Wind, P., Johansson, L. S., . . . Teilmann, J. (2019). Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering: <https://dce2.au.dk/pub/SR340.pdf>. *Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt gi*, 52 s. *Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.
- Fredshavn, J., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Damgaard, C., Therkildsen, O. R., Elmeros, M., . . . Teilmann, J. (2019). *Bevaringsstatus for naturtyper og arter - 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering*. Aarhus Universitet, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. Videnskabelig rapport fra DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi nr 340.
- Fredshavn, J., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Damgaard, C., Therkildsen, O. R., Elmeros, M., . . . Teilmann, J. (2019). *Bevaringsstatus for naturtyper og arter - 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering*. Aarhus Universitet, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. Videnskabelig rapport fra DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi nr 340.
- Funck, T. E. (2023). *Acquisition of marine seismic data in Jammerbugt in 2023. CCS2022-2024 WPL: Seismic data acquisition across the Jammerbugt structure on research vessel Jákup Sverri*. GEUS. Hentet fra [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R\\_2023-39\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R_2023-39_web.pdf)
- Funck, T., Ehrhardt, A., Andreasen, N. R., Behrens, T., Christensen, N., Demir, Ü., . . . Trinhammer, P. L. (2024). *Acquisition of marine seismic data in Jammerbugt in 2023. CCS2022-2024 WPL: Seismic data acquisition across the Jammerbugt structure on research vessel Jákup Sverri*. GEUS.
- Furrea, A.-K., Eikenb, O., Eiken, O., ALnes, H., Vevatne, J. N., & Kiær, A. F. (2017). *20 years of monitoring CO<sub>2</sub>-injection at Sleipner*. Energy Procedia. doi:[10.1016/j.egypro.2017.03.1523](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1523)
- Galatius, A. (2017). Baggrund for spættet sæl og gråsæls biologi og levevis i Danmark. Aarhus: Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.

- Galatius, A., & Kinze, C. (2016). *Lagenorhynchus albirostris* (Cetacea: Delphinidae). . Mammalian Species. 48:35-47.
- Galatius, A., Dietz, R., Svegaard, S., & Teilmann, J. (2019). *Vurdering af muligheder for jagt på/regulering af sæler i Danmark*. Notat fra DCE- Nationalt Center for Miljø og Energi.
- Galatius, A., Jansen, O., & Kinze, C. (2013). Parameters of growth and reproduction of white-beaked dol-phins (*Lagenorhynchus albirostris*) from the North Sea. Marine Mammal Science. 29:348-255. .
- Gallagher, C. G.-N. (2021). Movement and seasonal energetics mediate vulnerability to disturbance in marine mammal populations. *The American Naturalist*, 296-311.
- Gassnova. (2020). *Updated CO2 footprint calculations*.  
<https://gassnova.no/app/uploads/sites/6/2020/11/Updated-CO2-footprint-calculations.pdf>.
- GEUS. (Marts 2018). *GEOTHERM - Geotermisk energi fra sedimentære reservoirer*. Hentet 3. Juli 2025 fra [https://dybgeotermi.geus.dk/wp-content/uploads/GEOTHERM\\_Nr\\_2\\_120318m.htm](https://dybgeotermi.geus.dk/wp-content/uploads/GEOTHERM_Nr_2_120318m.htm)
- GEUS. (2023). *Danmarks Digitale Jordartskort 1:25.000*. GEUS. Hentet fra [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R\\_2023-29\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R_2023-29_web.pdf)
- GEUS. (2023). *Vurdering af udsivning af CO2 fra undergrundslagring (CCS) og eventuelle påvirkninger i forhold til Natura 2000 områder*. GEUS. Hentet fra <https://ens.dk/media/468/download>
- GEUS. (2024). *New seismic data for CO2 storage potential mapping added to the Danish Deep Subsurface Data portal*. Hentet fra <https://eng.geus.dk/about/news/news-archive/2024/july/new-seismic-data-for-co2-storage-potential-mapping-added-to-the-danish-deep-subsurface-data-portal>
- Gilles, A., Autheir, M., Ramirez-Martinez, N., Araújo, H., Carlström, J., Eira, C., . . . Taylor, N. (2023). Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2022 from the SCANS-IV aerial and shipboard surveys. Final.
- Haight, J. M. (2004). *Occupational Health Risks in Crude Oil and Natural Gas Extraction*. Encyclopedia of Energy. doi:<https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00438-1>
- Hammond et al. (2021). Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Survey report.
- Hammond, P., Macleod, K., Berggren, P., Borchers, L., Burt, L., Cañadas, A., . . . Ridoux, V. (2013). Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. *Biological Conservation*. 164:107-122. .
- Hansen J.W. & Høgslund S. (red.). (2021). *Marine områder 2020*. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 174 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 418.
- Hansen J.W. & Høgslund S. (2023). *Marine områder 2021*. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 220 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 529. <http://dce2.au.dk/pub/SR529.pdf>.
- Hansen, J. W., Lønborg, C., & Høgslund, S. (2024). *Marine områder 2023*. NOVANA. Videnskabelig rapport fra DCE nr 632. Aarhus Universitet, DCE - NANationt Center for Miljø og Energi.
- Hansen, J. W.; Høgslund (red), S. (2023). *Marine områder 2021*. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE –Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport fra DCE nr. 529. Hentet fra <https://dce2.au.dk/pub/SR529.pdf>
- Harper, P., Wilday, J., & Bilio, M. (2011). *Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO2)*. Health and Safety Executive, UK. Health and Safety Executive, UK. Hentet fra <https://www.hse.gov.uk/carboncapture/assets/docs/major-hazard-potential-carbon-dioxide.pdf>
- HELCOM. (2023). Abundance and population trends of harbour porpoises. ELCOM precore indicator report. Online. 2023.08.08. <https://indicators.helcom.fi/indicator/harbour-porpoises-abundance/>.
- Hjelm, L., Anthonsen, K. L., Dideriksen, K., Nielsen, C. M., Nielsen, L. H., & Mathiesen, A. (2022). *Capture, Storage and Use of CO2 (CCUS) - Evaluation of the CO2 storage potential in Denmark*. GEUS. Hentet fra

- [https://www.geus.dk/Media/637847556390112103/Evaluation%20of%20the%20CO2%20storage%20potential%20in%20Denmark\\_2020\\_46.pdf](https://www.geus.dk/Media/637847556390112103/Evaluation%20of%20the%20CO2%20storage%20potential%20in%20Denmark_2020_46.pdf)
- Hosseinzadehsadati, S., Amour, F., Hajiabadi, M. R., & Nick, H. (2022). *Hydro-Mechanical-Chemical Modelling of CO<sub>2</sub>*. 16th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Hentet fra [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/297868728/SSRN\\_id4275914.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/297868728/SSRN_id4275914.pdf)
- Hygum. (1993). Miljøpåvirkninger ved ral- og sandsugning. Et litteraturstudie om de biologiske effekter af råstofindvinding i havet. *Faglig rapport fra DMU, nr. 81*. Danmarks Miljøundersøgelser.
- ICES. (2017). *ICES-Ecoregions\_statistical areas*. Hentet fra ICES CIEM: <https://www.ices.dk/data/Documents/Maps/ICES-Ecoregions-hybrid-statistical-areas.png>
- IEAGHG. (2010). *Injection Strategies for CO<sub>2</sub> Storage Sites*. Hentet fra <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/99376/injection-strategies-co2-storage-sites.pdf>
- IMO. (2. November 2012). *2012 SPECIFIC GUIDELINES FOR THE ASSESSMENT OF CARBON DIOXIDE FOR DISPOSAL INTO SUB-SEABED GEOLOGICAL FORMATIONS*. International Maritime Organisation.
- INEOS. (2022). *Solsort West Lobe – Rapport om vurdering af virkninger på miljøet*.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023*. Hentet fra AR6 Synthesis Report: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- IPCC. (u.d.). *Chapter 4: Future Global Climate: Scenario-based Projections and Near-term Information*. Hentet fra IPCC Sixth Assessment Report Working Group 1: The Physical Science Basis: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-4/>
- IPCC. (u.d.). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Hentet fra IPCC Sixth Assessment Report Working Group 1: The Physical Science Basis: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- IPCC. (u.d.). *IPCC Sixth Assessment Report Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Hentet fra Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- IUCN. (2013). [https://iucn.org/sites/default/files/2022-09/iucn\\_advice\\_note\\_environmental\\_assessment\\_18\\_11\\_13\\_iucn\\_template.pdf](https://iucn.org/sites/default/files/2022-09/iucn_advice_note_environmental_assessment_18_11_13_iucn_template.pdf).
- Jakobsen, R. (2020). *Capture, Storage and Use of CO<sub>2</sub> (CCUS) CO<sub>2</sub> leakage and effects on the chemistry of aquatic systems – monitoring and remediation*. GEUS. Hentet fra <https://pub.geus.dk/da/publications/capture-storage-and-use-of-co2-ccus-co2-leakage-and-effects-on-th>
- Jensen, O. C. (2010). 0-Accidents in Offshore Oil and Gas Production - the Quantitative part. 1–55. Syddansk Universitet. Center for Maritim Sundhed og Sikkerhed.
- Kastelein, R. A., Gransier, R., Hoek, L., & Rambags, M. (2013). Hearing frequency thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by a continuous 1.5 kHz tone. *Journal of the Acoustical Society of America* 134:2286-2292.
- Kastelein, R., Hoek, L., Jong, C., Wensveen, & J., P. (2010). The effect of signal duration on the underwater detection thresholds of a harbor porpoise (*phocoena phocoena*) for single frequency-modulated tonal signals between 0.25 and 160 kHz. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 3211-3222.
- Kathrin Volkart, Christian Bauer, C. B. (2013). *Life cycle assessment of carbon capture and storage in power generation and industry in Europe*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1750583613001230?via%3Dihub>: Science Direct.
- Keiding, M. (2021). *Capture, Storage and Use of CO<sub>2</sub> (CCUS) - Geophysical Methods to monitor injection and storage of CO<sub>2</sub>( Part of Work package 7 in the CCUS project)*. GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK AND GREENLAND.
- Keiding, M. (2021). *Capture, Storage and Use of CO<sub>2</sub> (CCUS) - Geophysical Methods to monitor injection and storage of CO<sub>2</sub>( Part of Work package 7 in the CCUS project)*. GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK AND GREENLAND.

- Keiding, M., Vosgerau, H., Gregersen, U., Rasmussen, E. S., Smit, F. W., Mathiesen, M. B., . . . Nie, L. H. (2024). *CCS2022-2024 WP1: The Gassum structure. Seismic data and interpretation to mature potential geological storage of CO<sub>2</sub>*. GEUS.
- Kellezi, L., & Gobuzi, F. (2019). *JACK-UP LEG EXTRACTION ANALYSES FOR DEEP SPUDCAN PENETRATIONS IN MULTILAYERED SOIL CONDITIONS*. The 17th International Conference – The Jack-Up Platform: Design, Construction & Operation, 12th-13th September 2019, City University of London. Hentet fra <https://www.geo.dk/media/2200/geo-paper-ju2019-jack-up-leg-extraction-v2.pdf>
- Kemidata.dk. (2025). Danmarks Miljøportal. Hentet fra [https://kemidata.miljoeportal.dk/?cp=1008\\_13&mt=Marin&mt=Marin+loggerstation&startDate=01-01-1980&endDate=27-08-2025&polygonId=e098fc37-f3b2-4cb4-af82-c8d4b4b7a02e](https://kemidata.miljoeportal.dk/?cp=1008_13&mt=Marin&mt=Marin+loggerstation&startDate=01-01-1980&endDate=27-08-2025&polygonId=e098fc37-f3b2-4cb4-af82-c8d4b4b7a02e)
- Kiszka, J., & Braulik, G. 2. (2018). *Lagenorhynchus albirostris*. The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Redlist. Hentet 30. 06 2025
- Klima-, Energi- og Forsyningssministeriet. (2025). *Politiske aftaler og gældende lovgivning*. Hentet fra Energistyrelsen: <https://ens.dk/forsyning-og-forbrug/ccs-fangst-og-lagring-af-co2/politiske-aftaler-og-gaeldende-lovgivning#:~:text=Der%20er%20i%20de%20seneste%20%C3%A5r%20indg%C3%A5et%20en,Danmark%20L%C3%A6s%20de%20v%C3%A6sentligste%20aftaler%2C%20loven%20og%20bekendtg%C3%A5else%20er%20i%20de%20seneste%20%C3%A5r%20indg%C3%A5et%20en>
- Koed, A., Sivebæk, F., & Nielsen, E. E. (2017). *Status for laksen og dens forvaltning i Danmark 2017*. DTU Aquarapport nr. 322-2017. Institut for Akvantiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.
- Krog, C., & Carl, H. (2019). Atlas over danske. Majsild.
- Kulturministeriet. (2014). LBK nr 358 af 08/04/2014 Bekendtgørelse af museumsloven.
- Kyhn, L. A., Wegeberg, S., Boertmann, D., Aastrup, P., Nymand, J., & Mosbech, A. (2020). *ONSHORE SEISMIC SURVEYS IN GREENLAND: Background information for preparation of Guidelines to*. Aarhus University - Danish Centre for Environment and Energy.
- Kyhn, L. W. (2020). *ONSHORE SEISMIC SURVEYS IN GREENLAND*. <https://dce2.au.dk/pub/TR161.pdf> : Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy.
- Landbrugs- og Fiskeristyrelsen. (2025). *Landbrugs- og Fiskeristyrelsen*. Hentet fra Landbrugs- og Fiskeristyrelsen: <https://lfst.dk/>
- LBK nr 1461 af 29/11/2023. (u.d.). Bekendtgørelse af lov om anvendelse af Danmarks undergrund. Klima-, Energi- og Forsyningssministeriet.
- Lewicki, J. L., Birkholzer, J., & Tsang, C.-F. (2006). Natural and industrial analogues for leakage of CO<sub>2</sub> from storage reservoirs: identification of features, events, and processes and lessons learned. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-006-0479-7
- Liebscher, A., Möller, F., Bannach, A., Kohler, S., Wiebach, J., Schmidt-Hattenberger, C., . . . Ebert, K. (2016). *Injection operation and operational pressure–temperature monitoring at the CO<sub>2</sub> storage pilot site Ketzin, Germany—Design, results, recommendations*. International Journal of Greenhouse Gas Control. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2013.02.019>
- Lisbjerg, D., Petersen, J., & Dahl, K. (2002). Biologiske effekter af råstofindvinding på epifauna. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 391, 56 pp.
- Lyngby, J., & Mortensen, S. (1996). Effects of Dredging Activities on Growth of *Laminaria saccharina*. *Marine Ecology*, 17 (1-3), 345-354.
- Macini, P. (2010). Drilling Engineering. I E. M. James G. Speight, *Petroleum Science and Engineering - Volume 3*.
- Malehmir, A., & Westgate, M. (2023). *GEUS2023-GASSUM seismic survey. Acquisition, processing and results*. Uppsala Universitet. Hentet fra [https://data.geus.dk/sambawebpc/get\\_report?id=149325](https://data.geus.dk/sambawebpc/get_report?id=149325)
- Martens, S., Möller, F., Streibel, M., & Liebscher, A. (2014). *Completion of five years of safe CO<sub>2</sub> injection and transition to the*. Energy Procedia. doi:10.1016/j.egypro.2014.10.366

- Massarweh, O., & Abushaikha, A. S. (2024). *CO<sub>2</sub> sequestration in subsurface geological formations: A review of trapping mechanisms and monitoring techniques*. Earth-Science Reviews.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104793>
- Miljø- og Fødevareministeriet. (2015). BEK nr 1452 af 07/12/2015 om anmeldelse og dokumentation i forbindelse med flytning af jord.
- Miljø- og Fødevareministeriet. (2017). Bekendtgørelse af lov om forurenede jord nr. 282 af 27. marts 2017.
- Miljø- og fødevareministeriet. (2019). Danmarks Havstrategi II Første del.  
[https://mfvm.dk/fileadmin/user\\_upload/MFVM/Natur/Havstrategi/HSII\\_foerste\\_del\\_-\\_endelig\\_udgave.pdf](https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Natur/Havstrategi/HSII_foerste_del_-_endelig_udgave.pdf).
- Miljø- og Fødevareministeriet. (2019). Danmarks Havstrategi II. Første del. God Miljøtilstand. Basisanalyse. Miljømål.
- Miljø- og Ligestillingsministeriet. (2017). *BEK nr. 844 af 23/06/2017, Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/ita/2017/844>
- Miljø- og Ligestillingsministeriet. (2024). LBK nr 927 af 28/06/2024 Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse.
- Miljø- og Ligestillingsministeriet. (2025). Danmarks Havstrategi III. Tilstandsvurdering. Høringsversion. Hentet fra <https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/64125d77-ae90-4880-8408-1bc9af9156a9/Tilstandsvurdering%20-%20Havstrategi%20III.pdf>
- Miljøministeriet. (2024). Udpegning af beskyttede havstrategiområder - tillæg til indsatsprogrammet for Danmarks Havstrategi II. Hentet fra [https://mim.dk/media/4l0ijb1f/udpegning-af-beskyttede-havstrategiomraader-tillaeg-til-indsatsprogrammet-for-danmarks-havstrategi-ii\\_.pdf](https://mim.dk/media/4l0ijb1f/udpegning-af-beskyttede-havstrategiomraader-tillaeg-til-indsatsprogrammet-for-danmarks-havstrategi-ii_.pdf)
- Miljøstyrelsen. (1984). Vejledning nr. 5/1984 ekstern støj fra virksomheder. Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (2006). *Støjkortlægning og støjhandlingsplaner*.  
[https://edit.mst.dk/media/320opkw/stoejkortlaegning\\_og\\_stoejhandlingsplaner\\_2004.pdf](https://edit.mst.dk/media/320opkw/stoejkortlaegning_og_stoejhandlingsplaner_2004.pdf): Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen. (31. december 2010). Orientering fra Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmåling. *Valg af måle- og beregningspositioner*. [https://referencelaboratoriet.dk/wp-content/uploads/2010\\_Referencelaboratoriet\\_Orientering\\_43\\_Valg\\_af\\_maale\\_og\\_beregningspositioner.pdf](https://referencelaboratoriet.dk/wp-content/uploads/2010_Referencelaboratoriet_Orientering_43_Valg_af_maale_og_beregningspositioner.pdf).
- Miljøstyrelsen. (2016). Habitatbeskrivelser. Hentet fra <https://edit.mst.dk/media/pj3afex3/habitatbeskrivelser-2016-ver-105.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2020). Vejledning til bekendtgørelse nr. 1595 af 6. december 2018 om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter. Nr. 9925 af 11. november 2020. Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen. (2022c). Laks:<https://mst.dk/natur-vand/natur/artsleksikon/fisk/laks/>.
- Miljøstyrelsen. (2023). Strategi for forvaltning af truede og rødlistede arter. Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen. (2023). Vandområdeplanerne 2021-2027. Hentet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>
- Miljøstyrelsen. (2024). *Er du generet af støj*. Hentet fra <https://mst.dk/borger/affald-og-forurening/stoejforurening/er-du-generet-af-stoej>
- Miljøstyrelsen. (2024). *Støjgrænser*. Hentet fra <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/stoej/stoejgraenser>
- Miljøstyrelsen. (u.d.). *Hvad er luftforurening*. Hentet fra Miljø- og Ligestillingsministeriet:  
<https://mst.dk/borger/affald-og-forurening/luftforurening/hvad-er-luftforurening>
- Miljøstyrelsen Midtjylland. (2021i). Natura 2000-basisanalyse 2022-2027. Revideret udgave. Ringkøbing Fjord og Nymindestrømmen. Natura 2000-område nr. 69. Habitatområde H62. Fuglebeskyttelsesområde F43.

- Miljøstyrelsen Sydjylland. (2021c). Natura 2000-basisanalyse 2022-2027. Revideret udgave. Nørholm Hede, Nørhold Skov og Varde Å øst for Varde. Natura 2000-område nr. 88. Habitatområde H77.
- Ministeriet for Grøn Trepert. (2025). Vandområdeplanerne 2021-2027, genbesøget i høring.
- Moeslund, J. E., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Alstrup, V., Baagøe, H. J., Bruun, L. D., . . . m.fl. (2023). *Den danske Rødliste*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Hentet fra [www.redlist.au.dk](http://www.redlist.au.dk)
- Moeslund, J. E., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Bell, N., Bruun, L. D., Bygebjerg, R., . . . m.fl. (2019). *Den danske Rødliste*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Hentet fra [www.redlist.au.dk](http://www.redlist.au.dk)
- Moore, P. (1972). Particulate matter in the sublittoral zone of an exposed coast and its ecological significance with special reference to the fauna inhabiting kelp holdfasts. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 10, 59-80.
- Murray, C. S., Wiley, D., & Baumann, H. (2019). *High sensitivity of a keystone forage fish to elevated CO<sub>2</sub> and temperature*. *Conservation Physiology*. doi:<https://doi.org/10.1093/conphys/coz084>
- Myers, C., Li, W., & Markham, G. (2024). The cost of CO<sub>2</sub> transport by truck and rail in the United States. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2024.104123>
- Møhl, B., & Andersen, S. (1973). Echolocation: high-frequency component in the click of the harbour porpoise (*Phocena ph. L.*). *Journal of the Acoustical Society of America*, 54, 1368-1372.
- Møller, P. R., & Carl, H. (2019). *Europæisk stør. I: Carl, H & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk*. Statens Naturhistoriske Museum. Onlineudgivelse, december 2019. Statens Naturhistoriske Museum. Onlineudgivelse, december 2019. Hentet fra [https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Europ\\_isk\\_st\\_r\\_Fiskeatlas.pdf](https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Europ_isk_st_r_Fiskeatlas.pdf)
- Møller, P. R.; Carl, H. (2019b). *Europæisk stør: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk*. Statens Naturhistoriske Museum. Onlineudgivelse. Hentet fra [https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Sandkutling\\_Fiskeatlas.pdf](https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Sandkutling_Fiskeatlas.pdf)
- Møller, P., Warnar, T., Hintze, K., Fietz, K. C., & Munk, P. (2019). *Plettet tobiskonge. I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk*. Statens Naturhistoriske Museum. Onlineudgivelse. Hentet fra [https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Sandkutling\\_Fiskeatlas.pdf](https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Sandkutling_Fiskeatlas.pdf)
- National Marine Fisheries Service. (2024). *Update of Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 3.0) - Underwater and In-Air Criteria for Onset of Auditory Injury and Temporary Threshold Shifts*. p. 182: NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-71.
- Naturbasen . (2022). *Naturbasen* . Hentet fra Danmarks nationale Artsportal 2001-2025: <https://www.naturbasen.dk/>
- Naturbasen. (2022). Hentet fra <https://www.naturbasen.dk/>
- Naturdata. (2022). Hentet fra <https://naturdata.miljoeportal.dk/speciesSearch>
- Naturhistorisk Museum Aarhus. (09 2022). *Atlas over danske ulve*. Hentet fra <https://www.ulveatlas.dk/nyheder/status-paa-ulve-4-kvartal-2021/>
- Naturstyrelsen. (2016a). Natura 2000 basisanalyse 2016-2021. Vadehavet - Vadehavet med Ribe Å, Tved Å og Varde Å, H86 Brede Å, H90 Vidå med tilløb, Rudbøl Sø og Magisterkogen og F57 Vadehavet. Natura 2000-område nr. 89. Habitatområde H78, H86 og H90. Fuglebeskyttelsesområde F57. Miljø- og Fødevareministeriet.
- Northern Light. (2019). *EL001 Northern Lights. Receiving and permanent storage of CO<sub>2</sub>. Plan for development, installation and operation. Part II - Impact assessment*.
- NOVANA. (Revideret 25.01.2021 2021). Hentet fra <https://novana.au.dk/arter/arter-2016/pattedyr/marsvin>
- NOVANA. (2024). *Delprogram for terrestriske naturtyper og arter*. Hentet fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi: <https://novana.au.dk/>
- NOVANA. (2024). Naturtyper. Hentet 27. 08 2025 fra <https://novana.au.dk/naturtyper/>

- NOAA. (2018). *Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0)*, NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59. Silver Spring, MD 20910, USA: April, National Marine Fisheries Service.
- Perrin, W., Mallette, S., & Brownell, R. (2018). Minke Whales: Balaenoptera acutorostrata and B. bonaerensis. In Encyclopedia of Marine Mammals (Third Edition). B. Würsig, J.G.M. Thewissen, and K.M. Kovacs, editors. Academic Press. 608-613.
- Petersen, H., Vejre, H., & Callesen, I. (u.d.). *Jordbunden*. Hentet 3. Juli 2025 fra Danmarks Nationalleksikon. Naturen i Danmark:  
<https://naturenidanmark.lex.dk/Jordbunden#:~:text=1%20grovsandet%20jord%2C%202;,magnesium%20og%20kalium%20fra%20%C3%B8kosystemet>.
- Plan- og Landdistriktsstyrelsen. (u.d.). *Kystnærhedszonen*. Hentet fra <https://www.plst.dk/plantemaer/kystnaerhedszonen>
- Plan- og Landdistriktsstyrelsen. (2023). *Oversigt over nationale interesser*. Hentet fra [https://www.plst.dk/Media/638242362665345866/Nationaleinteresser\\_06072023.pdf](https://www.plst.dk/Media/638242362665345866/Nationaleinteresser_06072023.pdf)
- Poletto, F., & Miranda, F. (2022). Chapter 2 - Principles of drilling. I F. Poletto, & F. Miranda, *Seismic While Drilling - Fundamentals of Drill-Bit Seismic for Exploration* (Second Edition udg., s. 29-103). Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/C2019-0-05201-6>
- Popper, A. N., & Hawkins, A. D. (2019). An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *Fish Biology*. doi:[10.1111/jfb.13948](https://doi.org/10.1111/jfb.13948)
- Pulido-Moncada, M., Thorsøe, M., Miranda-Vélez, J., Graversgaard, M., & Munkholm, L. (2025). *Soil Health and Challenges to Sustainable Soil Management in Denmark: Stakeholder Perceptions*. European Journal of Soil Science. doi:<https://doi.org/10.1111/ejss.70038>
- Renpu, W. (2011). Chapter 7 - Well Completion Formation Damage Evaluation. I *Advanced Well Completion Engineering* (s. 364–416). Gulf Professional Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385868-9.00008-7>
- SAMBAH. (2016). Static Acoustic Monitoring of the Baltic Sea Harbour Porpoise (SAMBAH). final report under the LIFE+ project LIFE08 NAT/S/000261., SE-618 92 Kolmårdens Djurpark AB. 81 pp: Kolmårdens Djurpark AB.
- Sand, M. &. (1992). *Light requirements and depth zonation of marine macroalgae*. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v88/meps088083>.
- Schjønning, P., Heckrath, G., & Christensen, B. T. (2009). *Threats to soil quality in Denmark. A review of existing knowledge in the context of the EU Soil Thematic Strategy*. DEPARTMENT OF AGROECOLOGY AND ENVIRONMENT, Aarhus University. Hentet fra <https://dcapub.au.dk/djfpdf/djfma143.pdf.pdf>
- SINTEF. (2024). CCS Well Design Requirement. Hentet fra [https://standard.no/globalassets/fagområder-sektorer/petroleum/reports/sintef-report\\_2024-00065\\_ccs-well-design-requirements\\_rev\\_5\\_final\\_report.pdf](https://standard.no/globalassets/fagområder-sektorer/petroleum/reports/sintef-report_2024-00065_ccs-well-design-requirements_rev_5_final_report.pdf)
- Slattery, M., & Bockus, D. (1997). Sedimentation in McMurdo Sound, Antarctica: a disturbance mechanism for benthic invertebrates. *Polar Biology*, 18: 172-179.
- Song, Y., Jun, S., Na, Y., Kim, K., Jang, Y., & Wang, J. (2023). *Geomechanical challenges during geological CO<sub>2</sub> storage: A review*. *Chemical Engineering Journal*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140968>
- Southall, B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., . . . Tyack, P. L. (2019). *Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects*. *Aquatic Mammals*. doi:[10.1578/AM.45.2.2019.125](https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125)
- Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø. (2023). *Vandområdeplanerne 2021-2027*. Hentet fra Miljøministeriet: <https://sgavmst.dk/vandmiljoe/vandomraadeplaner/overblik-vandomraadeplanerne-2021-2027/vandomraadeplanerne-2021-2027>

- Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø. (2025). *Arter.dk*. Hentet fra Arter.dk: <https://arter.dk/landing-page>
- Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø. (u.d.). *Bygge- og beskyttelseslinjer*. Hentet fra <https://sgavmst.dk/natur-og-jagt/naturen-i-danmark/landskab/bygge-og-beskyttelseslinjer>
- Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø. (u.d.). *Skovbyggelinjen*. Hentet fra <https://sgavmst.dk/natur-og-jagt/naturen-i-danmark/landskab/bygge-og-beskyttelseslinjer/skovbyggelinjen>
- Støttrup et al. (2007). Støttrup J., Dolmer P., Røjbek M., Nielsen E., Ingvarsdæn S., Sørensen P., Sørensen S.R., Kystfodring og kystøkologi, Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. *Danmarks Fiskeriundersøgelser, DFU-rapport 171-07*.
- Sundhedsstyrelsen. (2022). *Danskernes sundhed – Den Nationale Sundhedsprofil 2021*.
- Sundhedsstyrelsen. (2024). *Danskernes sundhed, Den Nationale Sundhedsprofil Midtvejsundersøgelsen 2023 – centrale udfordringer*.
- Sveegaard, S., Andreasen, H., Mouritsen, K. N., Jeppesen, J. P., Teilmann, J., & Kinze, C. C. (2012). Correlation between the seasonal distribution of harbour porpoises and their prey in the Sound, Baltic Sea. *Marine Biology*, 1029-1037. *Marine Biology*, 159, 1029-1037. doi:DOI 10.1007/s00227-012-1883-z
- Sveegaard, S., Carlén, I., Carlström, J., Dähne, M., Gilles, A., Loisa, O., . . . Pawliczka, I. (2022). *HOLAS-III harbour porpoise importance map*. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy.
- Sveegaard, S., Nabe-Nielsen, J., & Teilmann, J. (2018). Marsvins udbredelse og status for de marine habitatområder i danske farvande. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 36s. Videnskabelig rapport nr. 284. <http://dec2.au.dk/pub/SR284.pdf>.
- Szizybalski, A., Kollersberger, T., Möller, F., Martens, S., Liebscher, A., & Kühn, M. (2014). *Communication supporting the research on CO<sub>2</sub> storage at the Ketzin pilot site, Germany – a status report after ten years of public outreach*. Energy Procedia. doi:10.1016/j.egypro.2014.07.032
- Søfartsstyrelsen. (2023). *Havplanredgørelsen*. <https://havplan.dk/content/api/latest/files/fec07ca1-9b74-40c0-a271-e60aa7d920aa/file>: Havplansekretariatet.
- Tougaard, J. (2021). Thresholds for behavioural responses to noise in marine mammals. Background note to revision of guidelines from the Danish Energy Agency. Aarhus: Aarhus University DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 32 pp. Technical Report No. 22.
- Tougaard, J., & Mikaelson, M. (2018). *Effects of larger turbines for the offshore wind farm at Kriegers's Flak, Sweden. Assessment of impact on marine mammals*. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 112 pp. Scientific Report No. 286. <http://dce2au.dk/pub/SR286.pdf>.
- United Nations Climate Change. (u.d.). *What is the Paris Agreement*. Hentet fra The Paris Agreement: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- van Leeuwen, C., & Meijer, H. (2015). *Detection of CO<sub>2</sub> leaks from carbon capture and storage sites with combined atmospheric CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> measurements*. International Journal of Greenhouse Gas Control. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.07.019>
- Vandplandata. (2025). [Vandplandata.dk](http://vandplandata.dk).
- Warnar et al. (2012). *Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's Havstrategidirektiv*. DTU Aqua-rapport nr. 254-2012 .
- World Health Organization. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. Hentet fra <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/279952/9789289053563-eng.pdf?sequence=1>
- Xueyan, Z., Xin, M., Zhi, Z., Yang, W., & Yue, L. (2016). *CO<sub>2</sub> leakage-induced vegetation decline is primarily driven by decreased soil O<sub>2</sub>*. Journal of Environmental Management. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.018>

- Yan Wang, Z. P. (2022). *Life cycle assessment of combustion-based electricity generation technologies integrated with carbon capture and storage: A review.*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935121015206?via%3Dihub>: Science Direct.
- Yuting, H., Yuetian, L., Jingpeng, L., Pingtian, F., Xinju, L., Rukuan, C., & Liang, X. (2024). *Experimental study on the effect of CO<sub>2</sub> dynamic sequestration on sandstone pore structure and physical properties.* Fuel.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.132622>
- Zhao, X., Deng, H., Wang, W., Han, F., Li, C., Zhang, H., & Dai, Z. (2017). *Impact of naturally leaking carbon dioxide on soil properties and ecosystems in the Qinghai-Tibet plateau.* Nature Scientific Reports.  
doi:DOI:10.1038/s41598-017-02500-x
- Aalborg Kommune. (28. April 2025). *Forskrift for midlertidige bygge- og anlægsarbejder i Aalborg Kommune.*  
Hentet fra Aalborg Kommune: <https://www aalborg.dk/min-virksomhed/miljoe-og-erhvervsaffald/erhvervsaffald-og-genbrug/midlertidige-bygge-og-anlaegsarbejder>
- Aarhus Kommune. (2023). *Screeningafgørelse for geotermisk anlæg ved Skejby.* Hentet fra chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://aarhus.dk/media/jiipkdny/screeningsafgoerelse-geotermisk-anlaeg-skejby.pdf?format=noformat>
- Aarhus Universitet. (2014). *LUFTFORURENINGENS INDVIRKNING PÅ SUNDHEDEN I DANMARK Sammenfatning og status for nuværende viden.*  
[https://mst.dk/media/tavpcato/luftforureningsens\\_indvirkning\\_paa\\_sundheden\\_i\\_danmark\\_2014.pdf](https://mst.dk/media/tavpcato/luftforureningsens_indvirkning_paa_sundheden_i_danmark_2014.pdf): DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.