

ERFOLGSFAKTOREN FÜR DEN HOCHLAUF VON CCS-WERTSCHÖPFUNGS- KETTEN IN DEUTSCHLAND

Kurzstudie im Auftrag der
Equinor Deutschland GmbH

25. NOVEMBER 2025

Frontier Economics

Im Zollhafen 24
50678 Köln

Design Offices
Berlin Humboldthafen
Alexanderufer 3-7
10117 Berlin

www.frontier-economics.com

Autoren:

Anna Basten
Dr. David Bothe
Ole Cordes
Dr. Johanna Reichenbach
Henning Sökeland

Kontakt:

johanna.reichenbach@frontier-economics.com

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Hintergrund	6
1.1	Ausgangslage für CCS im deutschen Politik- und Marktumfeld	6
1.2	Ziel dieser Studie	7
2	Grundlagen erfolgreicher Marktentwicklung: Der CCS-Hochlauf erfordert Koordination unterschiedlicher Stakeholder und Risiken entlang der Wertschöpfungskette	8
2.1	Die Entwicklung von CCS-Projekten ist komplex und umfangreich	8
2.2	Zentrale Hürden für den Markthochlauf sind die Koordination von Stakeholdern sowie hohe Finanzierungsrisiken	10
3	Erfolgsfaktoren und Showstopper: CCS-Pionier-Projekte im internationalen Vergleich	14
3.1	Methodischer Ansatz und Auswahl der Fallstudien	14
3.2	Internationale Fallstudien: Erfahrungen aus ersten CCS-Projekten	15
3.3	Erfolgsfaktoren für den Aufbau der CCS-Wertschöpfungskette	21
4	Lösungswege entwickeln: Rahmenbedingungen und Instrumente für den CCS-Markthochlauf in Deutschland	27
4.1	Baustein 1: CCS als strategisches industriepolitisches Projekt verankern	27
4.2	Baustein 2: Hochlauf von CCS benötigt einen klaren rechtlichen und politischen Rahmen und eine Regulierung mit Augenmaß	28
4.3	Baustein 3: Integrierte Geschäftsmodelle im CO ₂ -Transport und -Speichersektor in der Hochlaufphase zulassen	29
4.4	Baustein 4: Erste CCS-Cluster fokussiert entwickeln und an internationale CO ₂ -Korridore anbinden	31
4.5	Baustein 5: Schließen anfänglicher Finanzierungslücken durch zielgerichtete Förderung und Instrumente zur Risikoabsicherung	33
5	Fazit und Handlungsempfehlungen	36
	Anhang A : Projektsteckbriefe	38
	Anhang B : Quellenverzeichnis	45

EXECUTIVE SUMMARY

Deutschland hat sich das gesetzlich verankerte Ziel gesetzt, bis 2045 netto-klimaneutral zu werden. Carbon Capture and Storage (CCS) gilt international als wichtige Technologie um Klimaneutralität zu erreichen. Länder wie Norwegen, das Vereinigte Königreich, die Niederlande, Dänemark und weitere haben bereits rechtliche und regulatorische Rahmenwerke sowie erste CCS-Infrastrukturen geschaffen. In Deutschland hat die Bundesregierung mit ersten Eckpunkten für eine Carbon Management Strategie in 2024 und dem Entwurf eines Kohlendioxid-Speicherungs- und Transportgesetzes (KSpTG) einen Kurswechsel eingeleitet und die ersten Grundlagen für die Entwicklung von CCS in Deutschland geschaffen.

Die Entwicklung von CCS-Projekten ist technisch, organisatorisch und kommerziell anspruchsvoll. Hohe Investitionskosten, lange Vorlaufzeiten und politische Unsicherheiten erschweren den Hochlauf. Drei zentrale Hürden prägen die aktuelle Situation und erschweren potenziell den CCS-Markthochlauf:

- **Planung und Koordination:** Abscheidung, Transport und Speicherung müssen synchron entwickelt werden. Mangelnde Abstimmung führt zu Verzögerungen und Zurückhaltung von Investitionen.
- **Finanzierung:** In der Hochlaufphase ist CCS oft noch nicht „im Geld“. Zwischen den CCS-Kosten und den erwarteten Erlösen besteht dann eine Finanzierungslücke. Zudem können Auslastungs- und Verfügbarkeitsrisiken entlang der Wertschöpfungskette die Investitionsbereitschaft reduzieren.
- **Politischer Rahmen:** Zudem drohen ungeklärte Haftungsfragen und Unsicherheit über den langfristigen politischen und regulatorischen Rahmen zu einer generellen Investitionszurückhaltung zu führen.

Aus ökonomischer Sicht können diese Hürden ein staatliches Eingreifen, insbesondere in der frühen Markthochlaufphase, rechtfertigen.

Internationale Pionierprojekte zeigen, wie diese Hürden adressiert werden und welche Erfolgsfaktoren den Aufbau der CCS-Wertschöpfungskette erleichtern können. Unsere sechs Fallstudien – **Northern Lights (Norwegen)**, **Porthos (Niederlande)**, **Greensand (Dänemark)**, **Pycasso (Frankreich)**, **East Coast Cluster (Vereinigtes Königreich)** und **Quest (Kanada)** – machen deutlich, dass ein früh geschaffener und klar definierter Rechtsrahmen die zentrale Grundlage für Investitionen bildet. Aufbauend darauf sichern wirtschaftliche Anreize – etwa Differenzverträge, Investitionszuschüsse oder steuerliche Begünstigungen – die Rentabilität dieser ersten Projekte. Eine durch staatliche Institutionen unterstützte Koordination entlang der Wertschöpfungskette reduziert Schnittstellenrisiken und beschleunigt Investitionsentscheidungen, während eine Regulierung mit Augenmaß Flexibilität und marktliche Entscheidungsfreiheit erhält. Schließlich sind gesellschaftliche Akzeptanz und internationale Zusammenarbeit entscheidend: Projekte, die Öffentlichkeit und Stakeholder beteiligen, Vorhaben transparent kommunizieren und frühzeitige internationale Abkommen für Transport und

Speicherung von CO₂ schließen, erreichen eine höhere Planungssicherheit und bessere Umsetzung.

Auf Basis dieser internationalen Erkenntnisse leiten wir **fünf zentrale Bausteine für einen erfolgreichen CCS-Markthochlauf in Deutschland** ab:

- **CCS als industriepolitisches Schlüsselprojekt verankern:** CCS sollte als strategische Technologie in der nationalen Klimaschutzarchitektur festgeschrieben werden – ergänzt durch eine Kommunikationsstrategie, die Transparenz schafft und gesellschaftliche Akzeptanz stärkt.
- **Rechtssicherheit und effiziente Koordination gewährleisten:** Das KSpTG und flankierende Regelwerke sollten zügig umgesetzt und um klare Zuständigkeiten ergänzt werden. Eine zentrale CCS-Koordinierungsstelle könnte Genehmigungsverfahren bündeln, Akteure vernetzen und Prozesse beschleunigen.
- **Integrierte Geschäftsmodelle in der Hochlaufphase zulassen:** Temporär vertikal integrierte Strukturen („One-Stop-Shop“) können Planungs- und Auslastungsrisiken senken. Ex-post-Aufsicht statt ex-ante-Regulierung würde dabei Flexibilität und Investitionsdynamik bewahren.
- **Cluster-Ansatz und internationale Korridore fördern:** Die Bündelung von Emittenten in CCS-Clustern kann die Wirtschaftlichkeit von CCS-Projekten stärken und Koordinationsrisiken senken. Eine gezielte Förderung attraktiver CCS-Cluster und deren Anbindung an internationale Transport- und Speicherinfrastrukturen ist für den zügigen Markthochlauf erfolgsversprechender als eine branchenspezifische Förderung.
- **Finanzierungslücken schließen und Risiken absichern.** Ein Zusammenspiel aus CAPEX-Zuschüssen, Differenzverträgen und staatlichen Garantien kann Pionierprojekte ermöglichen und Skaleneffekte erzeugen. Die Fördermechanismen sollten wettbewerbslich, transparent und zeitlich befristet ausgestaltet sein.

CCS kann einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele und zur Sicherung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit leisten. Erste gesetzliche Grundlagen sind in Deutschland geschaffen. Internationale Erfahrungen zeigen: Mit einem koordinierten Maßnahmenpaket, das strategische, regulatorische, finanzielle und gesellschaftliche Aspekte integriert und den Aufbau erster CCS-Cluster gezielt unterstützt, kann CCS als wichtiges Element innerhalb eines breiten Technologiemies zur industriellen Dekarbonisierung erfolgreich etabliert werden.

1 Einleitung und Hintergrund

1.1 Ausgangslage für CCS im deutschen Politik- und Marktumfeld

Deutschland hat das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 gesetzlich verankert, um die Folgen des Klimawandels zu begrenzen und einen angemessenen nationalen Beitrag zur globalen Zielerreichung zu leisten. Neben einer Reihe von anderen Technologieoptionen ist Carbon Capture and Storage (CCS)¹ international als ein wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaschutzziele anerkannt.

Zahlreiche europäische Länder – darunter Norwegen, das Vereinigte Königreich, die Niederlande und Dänemark – haben bereits rechtliche und regulatorische Rahmenwerke geschaffen und erste Infrastrukturprojekte erfolgreich auf den Weg gebracht. In Deutschland hat die damalige Bundesregierung im August 2024 mit den Eckpunkten einer Carbon Management Strategie ihre zuvor ablehnende Haltung gegenüber CCS in Teilen revidiert und die Technologie für klar definierte Anwendungsfelder geöffnet (Bundesregierung, 2024). Die aus dem aktuellen Monitoringbericht zur Energiewende abgeleiteten **zehn Schlüsselmaßnahmen** von Bundeswirtschaftsministerin Katherina Reiche sehen eine noch breitere Nutzung von CCS auch in weiteren Bereichen mit nicht schwer vermeidbaren Emissionen wie in Gaskraftwerken und der Energieerzeugung explizit vor (BMW a, 2025).

Auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen für CCS befinden sich zum Stand dieser Kurzstudie in der Umsetzungsphase: Mit dem Kabinettsentwurf vom 6. August 2025 zum **Kohlenstoffdioxid-Speicherung und Transport Gesetz** (KSpTG) wird die kommerzielle Nutzung von CCS inklusiver einheitlicher Verfahren für den Bau von CO₂-Leitungen und Offshore-Speicherung (beschränkt auf den Festlandsockel und das Gebiet der ausschließlichen Wirtschaftszone) ermöglicht (Deutscher Bundestag a, 2025). Zum Zeitpunkt der Finalisierung dieser Studie wird mit der Verabschiedung noch vor Ende des Jahres gerechnet. Gleichzeitig bereitet die Bundesregierung mehrere Anpassungen vor, welche den rechtlichen Rahmen für Carbon Management sichern. Hierzu zählt zum einen die völkerrechtliche Umsetzung der Änderung von Artikel 6 des **London Protokolls**, mit der der Export von CO₂ erlaubt werden soll (Deutscher Bundestag b, 2025). Zum anderen überarbeitet die Bundesregierung das **Hohe-See-Einbringungsgesetz** (HSEG), um die Offshore-Speicherung von CO₂ in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) rechtlich abzusichern (BMUKN, 2025).

Darüber hinaus sind CCS-Anwendungen für die neue Vergaberunde für Klimaschutzverträge berücksichtigt (BMW b, 2025). Durch die Förderung mittels CO₂-Differenzverträgen sollen Investitionen in CO₂-arme Produktionsverfahren abgesichert werden.

¹ Neben der Speicherung von CO₂ umfasst der Markt für CO₂-Management auch Möglichkeiten zur CO₂-Nutzung (Carbon Capture and Utilisation, „CCU“). In den Fallstudien denken wir diese Aspekte mit, der Fokus des Papiers liegt jedoch auf der dauerhaften CO₂-Speicherung. Daher verwenden wir im Folgenden vor allem die Abkürzung „CCS“.

1.2 Ziel dieser Studie

CCS kann in vielen industriellen Kernsektoren einen wichtigen Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität darstellen – und bietet auch in anderen Sektoren das Potential, die Klimaziele günstiger bzw. schneller zu erreichen. Bislang fehlen in Deutschland die erforderlichen Rahmenbedingungen, um Investitionen in CCS-Infrastruktur möglich zu machen. Neben dem bislang unklaren Rechtsrahmen liegt dies insbesondere an mangelnder Koordination der vielen beteiligten Akteure sowie diverser Investitionsrisiken entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Ziel dieser Kurzstudie ist es, politischen Entscheidungsträgern eine **evidenzbasierte Orientierung** für den Hochlauf von CCS in Deutschland zu geben. Die Studie verfolgt einen **analytischen und vergleichenden Ansatz**, der auf drei methodischen Schritten basiert:

- **Identifikation zentraler Hemmnisse für den CCS-Markthochlauf:** Analyse der ökonomischen und regulatorischen Herausforderungen für den Aufbau von CCS-Wertschöpfungsketten (Kapitel 2).
- **Vergleichende Fallstudienanalyse:** Untersuchung von sechs internationalen Pionierprojekten mit vollständigen CCS-Wertschöpfungsketten – von Abscheidung über Transport bis Speicherung. Die Auswahl erfolgte nach Kriterien wie Reifegrad, institutionelle Vielfalt, geographische Diversität und Relevanz für Deutschland (Kapitel 3).
- **Ableitung übertragbarer Erfolgsfaktoren und Handlungsempfehlungen:** Aus den internationalen Erfahrungen werden Erfolgsfaktoren extrahiert und in konkrete Lösungsbausteine für Deutschland überführt (Kapitel 4). Diese Bausteine bilden die Grundlage für eine Roadmap mit kurzfristigen und mittelfristigen Maßnahmen (Kapitel 5).

Der Fokus dieser Studie liegt auf der dauerhaften Einlagerung von CO₂ im Untergrund. Anwendungen zur CO₂-Nutzung (CCU) werden nicht vertieft betrachtet.

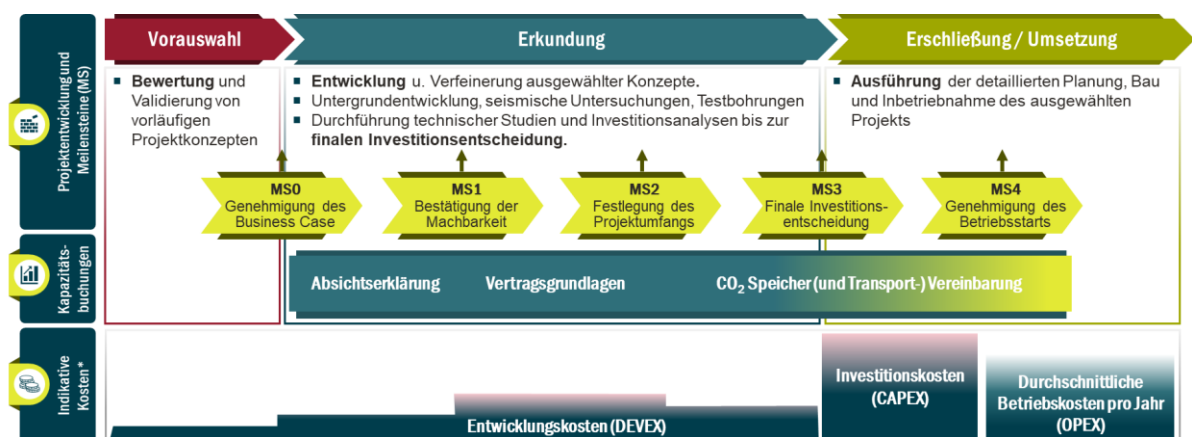
2 Grundlagen erfolgreicher Marktentwicklung: Der CCS-Hochlauf erfordert Koordination unterschiedlicher Stakeholder und Risiken entlang der Wertschöpfungskette

In diesem Kapitel beleuchten wir die Grundlagen für eine erfolgreiche Entwicklung des CCS-Marktes. Dafür beleuchten wir zunächst die Komplexität des CCS-Marktes, welche sich insbesondere daraus ergibt, dass Investitionen in die Transport- und Speicherinfrastruktur kapitalintensiv und zugleich hochspezifisch sind. Die daraus resultierenden Risiken können zu Investitionszurückhaltung insbesondere in der frühen Phase Markthochlaufphase führen.

2.1 Die Entwicklung von CCS-Projekten ist komplex und umfangreich

Die Entwicklung von CCS-Projekten ist durch lange Investitions- und Planungszeiträume gekennzeichnet und erfordert umfangreiche technische, rechtliche und wirtschaftliche Prüfungen. CCS-Projekte durchlaufen dabei mehrstufige Entwicklungsprozesse – von Machbarkeitsstudien und Standortanalysen über Genehmigungen und Finanzierung bis zur Einbindung von Transport- und Speicherpartnern. Diese Komplexität macht die Entwicklung bereits deutlich vor der *finalen Investitionsentscheidung* (FID) zeit- und ressourcenintensiv und erfordert enge Koordination zwischen vielen Akteuren.

Abbildung 1 Entwicklungsphasen und Risiken eines CO₂-Speicherprojekts



* Die angegebenen Kosten dienen lediglich als Beispiel zur Veranschaulichung der Entwicklung eines CCS-Speicherprojekts. Die Entwicklungs-, Investitions- und Betriebskosten variieren erheblich von Projekt zu Projekt, abhängig von verschiedenen Faktoren wie dem Umfang der notwendigen Untergrunderkundung (besonders relevant für CCS-Projekte), der für jede Entscheidungsphase aufgewendeten Zeit (z. B. abhängig von der Bereitschaft des Regulierungs- und Finanzierungsrahmens), der Projektgröße und den Betriebsbedingungen.

Quelle: Frontier Economics basierend auf Informationen von Equinor

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Entwicklungsphasen eines CO₂-Speicherprojekts – von der Vorauswahl über die Erkundung bis zur Inbetriebnahme. Jede Phase ist mit *definierten Meilensteinen* (MS0–MS4) verknüpft: von der Genehmigung des Business Case über die Machbarkeitsbestätigung und Festlegung des Projektumfangs bis zur finalen Investitionsentscheidung und Betriebsfreigabe. Jeder *Meilenstein* erfordert eine Management-Entscheidung und

mit jeder Stufe steigen die Anforderungen an verbindliche Kapazitätsbuchungen, Projektfinanzierung und rechtliche Planungssicherheit. Hintergrund ist, dass mit jeder Stufe im Grundsatz auch der Kapitaleinsatz steigt. Bereits die Entwicklungskosten können erheblich sein, vor allem aufgrund der erforderlichen Datenerhebung im Untergrund, etwa durch Testbohrungen. Zudem gilt: Je länger ein Projekt auf einer Stufe verharret, weil beispielsweise der regulatorische Rahmen oder andere Voraussetzungen für ein Fortschreiten noch nicht gegeben sind, desto höher steigen die kumulierten Kosten.

Interessenbekundungen und Verhandlungen zu ersten Kapazitätsbuchungen beginnen bereits während der Erkundungsphase. Das Vorliegen einer langfristigen Kapazitätsbuchung über einen bestimmten Umfang des Speichervolumens ist in der Regel eine Voraussetzung dafür, dass die FID für ein Projekt getroffen werden kann. Eine Absichtserklärung signalisiert das Interesse an Speicherkapazitäten, die Vertragsgrundlagen konkretisieren technische und kommerzielle Bedingungen, und eine CO₂-Speicher- und Transportvereinbarung legt verbindlich Umfang und Konditionen fest.

Während Abbildung 1 lediglich die Projektentwicklung für einen CO₂-Speicher beschreibt, müssen parallel hierzu ähnliche Projektentwicklungen für den CO₂-Transport und die CO₂-Abscheidung mitgedacht werden. So erklärt sich die enorme Komplexität und der Koordinationsaufwand beim Aufbau neuer CCS-Wertschöpfungsketten. Jeder beteiligte Akteur trägt ein erhebliches Auslastungs- und Kostenrisiko, da viele Parameter – etwa Abnahmemengen, Betriebskosten oder regulatorische Vorgaben – über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg unsicher sind.

CCS-Projekte unterscheiden sich in ihrer Planung und Entwicklung deutlich von Märkten für Energieträger wie Methan oder Wasserstoff.

CCS-Wertschöpfungsketten zeichnen sich durch eine direkte und mehrjährig angelegte Verbindung zwischen Emittent und Speicher mit eindeutiger Flussrichtung aus, die nicht zwingend auf einer Pipeline basiert. Klassische Gas-Infrastruktur besteht wiederum aus deutlich umfassenderen und flexibel nutzbaren Transport- und Verteilnetzen, Zwischenspeichern, und Terminals, sowohl für Import als auch für Export.

Durch die Vielzahl von sehr unterschiedlichen Akteuren, die alle auf das „Netz“ als Infrastruktur für ihre Geschäftsmodelle angewiesen sind, liegt der Fokus in diesen Märkten primär auf der Schaffung eines fairen **„Wettbewerbs auf der Infrastruktur“**. Bei CCS hingegen werden Leitungsverbindungen absehbar nur von wenigen Akteuren für wenige Transportrouten genutzt, die zudem im Wettbewerb mit anderen Transportformen (Schiffe, Eisenbahn, Tanklastern) stehen, sodass die Situation vereinfacht eher als **„Wettbewerb um die Infrastruktur“** charakterisiert werden kann.

CCS-Wertschöpfungsketten wirken daher eventuell auf den ersten Blick weniger komplex als bestehende Gas-Netze, in der Praxis können die Hürden für Planungsprozesse dennoch erheblich ausfallen. Die Besonderheiten des CCS-Marktes bedeuten zudem, dass ökonomisch fundierte Bedenken zu Wettbewerb und der Verteilung potenzieller Marktmacht nicht direkt von Energiemärkten auf CCS-Infrastruktur übertragen werden können. Bevor Regelungen zu Zugang, Entgelten und Entflechtung getroffen werden können, bedarf es einer genauen Betrachtung. Diese nehmen wir in Kapitel 4 vor und leiten daraus Empfehlungen ab.

2.2 Zentrale Hürden für den Markthochlauf sind die Koordination von Stakeholdern sowie hohe Finanzierungsrisiken

Bislang fehlen in Deutschland die notwendigen Rahmenbedingungen für Investitionen in CCS-Infrastruktur. Dies liegt nicht nur an einem unvollständigen Rechtsrahmen, sondern auch an fehlender Koordination zwischen den zahlreichen beteiligten Akteuren sowie an vielfältigen Investitionsrisiken entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ausgehend von den Stakeholdern entlang der CCS-Wertschöpfungskette fasst Abbildung 2 die Hemmnisse für den Hochlauf des CCS-Marktes zusammen. Die Hürden lassen sich dabei in drei zentrale Kategorien einordnen:

1. Planung und Koordination

Investitionen in die CCS-Wertschöpfungskette – von der Abscheidung über den Transport bis zur Speicherung – sind kapitalintensiv und oft hochspezifisch. Zugleich bestehen starke Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Stufen der Kette, da jede Stufe auf die Verfügbarkeit der vor- und nachgelagerten Infrastrukturen angewiesen ist. Dass viele CCS-Wertschöpfungsketten aufgrund der kurzfristig nicht verfügbaren Speichermöglichkeiten in Deutschland grenzüberschreitend geplant werden müssen, erschwert die Situation zusätzlich.

Aus ökonomischer Sicht führt dies zu einem klassischen „Hold-up Problem“: Bereits getätigte Investitionen sind irreversibel („*sunk costs*“) wodurch Investoren nachträglich in eine abhängige Position geraten können. Da dieses Risiko vorab antizipiert wird, werden Investitionen vorsorglich verzögert oder ganz zurückgehalten. Übliche Lösungen zur Überwindung des Problems sind der Abschluss langfristiger Verträge zwischen den beteiligten Parteien bevor Investitionen getätigt werden oder die vertikale Integration einer Wertschöpfungskette innerhalb eines Unternehmens.

Für die CCS-Wertschöpfungskette entstehen daraus ausgeprägte Schnittstellenrisiken (häufig als „Henne-Ei-Problem“ beschrieben): Solange Investoren nicht sicher sein können, dass alle Glieder der Wertschöpfungskette (d.h. von der Abscheidung bis zur Speicherung) aufgebaut werden und dies auch vertraglich abgesichert ist, werden Investitionen in einzelne Teilbereiche aufgeschoben bzw. zurückgehalten. In der Folge führt mangelnde Koordination zu Verzögerungen beim Aufbau der Gesamtinfrastruktur.

Auch **nach** einer bereits getroffenen Investitionsentscheidung sind die Akteure entlang der CCS-Wertschöpfungskette verschiedenen **Auslastungs- und Verfügbarkeitsrisiken** ausgesetzt:

- Für **Emittenten** betrifft dies insbesondere Risiken aufgrund einer nicht rechtzeitigen Bereitstellung oder temporär nicht verfügbaren Transport- und Speicherinfrastruktur. Dies kann zu einer doppelten Kostenbelastung für Emittenten führen, wenn diese neben den CCS-Kosten zusätzlich CO₂-Preise für die dann nicht gespeicherten CO₂-Mengen zahlen müssen.
- Für **Betreiber von Transport- und Speicherinfrastruktur** hingegen erhöht eine unzureichende Planung und Koordination die Volumenrisiken, welche sich sowohl in der Anfangsphase während des Markthochlaufs (durch eine drohende Unterauslastung der Infrastruktur) als auch in der langen Frist (in Form von „Stranded Assets“ mit notwendiger Abschreibung von Investitionen) ergeben.

2. Finanzierung

Neben den planerischen und koordinativen Herausforderungen stellt die wirtschaftliche Tragfähigkeit von CCS-Investitionen eine zentrale Hürde für den Markthochlauf dar.

Ein entscheidender Aspekt ist hierbei die **aktuelle Finanzierungslücke im CCS-Markt („missing money“-Problem)**: Solange die Kosten für CCS die erwarteten „Erlöse“ (hierzu zählen z. B. auch die Einsparung von CO₂-Zertifikatskosten im EU-Emissionshandel (EU ETS)) abzüglich möglicher Zusatzerträge aus der Vermarktung von „grünen“ Produkten übersteigen, ist die CCS-Technologie häufig noch nicht „im Geld“. Die Nutzung von CCS ist damit oft unwirtschaftlich. Diese Gefahr droht vor allem in der Hochlaufphase, in der die Kosten für CCS aufgrund unvollständiger technologischer Lernkurven und fehlender Skaleneffekte noch relativ hoch sind. Die unsichere Höhe und Dauer der Finanzierungslücke kann zu Zurückhaltung bei den Emittenten führen, die für die Projektentwicklung erforderlichen langfristigen Verträge einzugehen.

Aus ökonomischer Sicht können einige dieser Gründe ebenfalls ein staatliches Eingreifen, insbesondere in der frühen Markthochlaufphase, rechtfertigen:

- **First-Mover-Nachteile:** Unternehmen, die frühzeitig in CCS investieren, tragen hohe Fixkosten und technologische Risiken, während spätere Marktteilnehmer von deren Erfahrungen und Infrastruktur profitieren („Spill-over“-Effekte). Diese positiven externen Effekte, die First-Mover generieren, könnten eine (Teil-)Sozialisierung der First-Mover-Nachteile durch entsprechende Förderungen rechtfertigen.
- **Unvollständige CO₂-Bepreisung:** Die CO₂-Preise im EU-ETS spiegeln derzeit eventuell nicht die volle Knappheit von Emissionen wider, da relevante Sektoren noch nicht vollständig einbezogen sind.
- **Politische Unsicherheit über Festhalten an Klimazielen:** Marktakteure antizipieren möglicherweise Änderungen an den politischen Zielsetzungen (z. B. Aufweichung oder Verschiebung von Klimazielen). In diesem Fall würden die aktuellen CO₂-Preise ebenfalls nicht die realen Knappheiten vollständig widerspiegeln. Diese politische Unsicherheit würde entsprechend Investitionsanreize in CCS aktuell reduzieren.

3. Politischer Rahmen

Neben den skizzierten Herausforderungen mit Blick auf die wirtschaftliche Tragfähigkeit von Investitionen in CCS-Infrastruktur führt **Unsicherheit über den langfristigen politischen und regulatorischen Rahmen** zu einer generellen Investitionszurückhaltung. Vor allem die Möglichkeit nachträglicher Änderungen im politischen Rahmen kann bereits getroffene Investitionsentscheidungen entwerten und damit den Kapitaleinsatz hemmen.

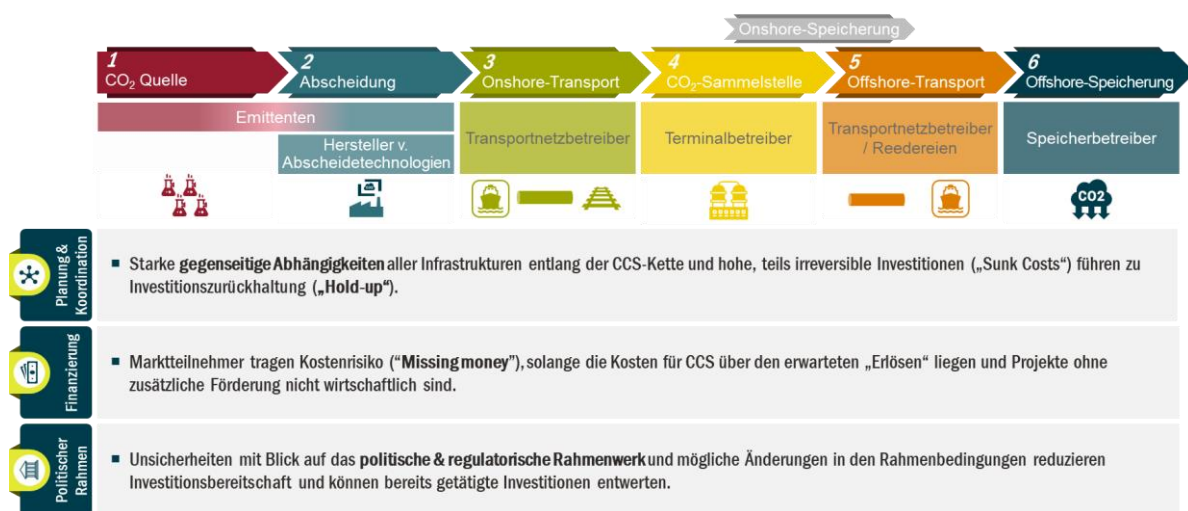
Konkret zeigen sich Unsicherheiten bzgl. des politischen Rahmens entlang der Wertschöpfungskette in unterschiedlicher Form:

- Aus Sicht von **Emittenten** bestehen Unsicherheiten hinsichtlich des zulässigen Umfangs von CCS in einzelnen Sektoren und der langfristigen politischen Zielsetzung. Es bleibt zudem bislang offen, ob CCS langfristig als strategisches Klimaschutzinstrument oder lediglich als Übergangstechnologie betrachtet wird.

- Für **Betreiber von Transport- und Speicherinfrastruktur** bilden insbesondere potenzielle Änderungen der Rahmenbedingungen eine Hürde für die Investition. Zudem sind Haftungs- bzw. versicherungstechnische Fragen noch nicht abschließend geklärt, etwa mit Blick auf mögliche CO₂-Leckagen während Transport und Speicherung von CO₂ oder der langfristigen Verantwortung für Speicherstätten.

Wenn politische Unsicherheiten die aktuelle Investitionsbereitschaft reduzieren, kann z.B. der Einsatz von staatlichen Förderinstrumenten begründet werden, um so einen Anreiz für ansonsten nicht stattfindende Investitionen zu schaffen.

Abbildung 2 Risiken und Stakeholder entlang der CCS-Wertschöpfungskette



Quelle: Frontier Economics

Die beschriebenen Herausforderungen in der Planung und Entwicklung von CCS-Projekten verdeutlichen, wie entscheidend der Projekterfolg von geeigneten Rahmenbedingungen abhängt, die die spezifischen Charakteristika der CCS-Wertschöpfungsketten berücksichtigen. Um besser zu verstehen, welche Faktoren den Aufbau von CCS-Wertschöpfungsketten begünstigen oder behindern, lohnt sich ein Blick auf **internationale Pionierprojekte**, welche wir im folgenden Kapitel 3 genauer beleuchten.

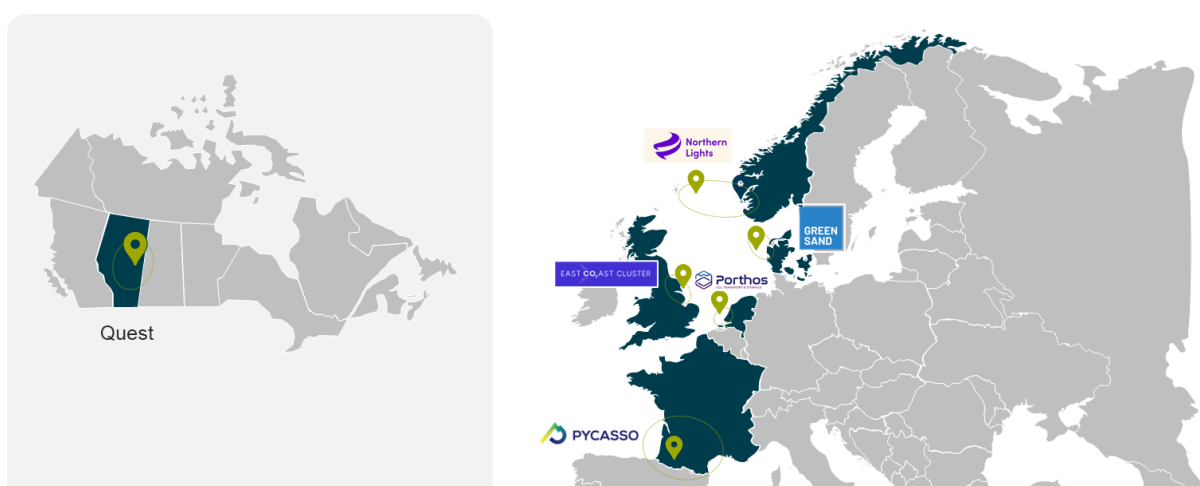
3 Erfolgsfaktoren und Showstopper: CCS-Pionier-Projekte im internationalen Vergleich

3.1 Methodischer Ansatz und Auswahl der Fallstudien

Zur Identifikation der Erfolgsfaktoren und Hemmnisse beim Aufbau von CCS-Wertschöpfungsketten verfolgen wir einen vergleichenden, fallstudienbasierten Ansatz. Ziel ist, aus praktischen Erfahrungen erster großskaliger Projekte abzuleiten, welche institutionellen, politisch-regulatorischen und ökonomischen Rahmenbedingungen den Markthochlauf begünstigen und welche Hindernisse ihn verzögern können. Die Auswahl der in Abbildung 3 dargestellten Projekte richtet sich nach den folgenden Kriterien:

- **Reifegrad und Datenverfügbarkeit:** Projekte mit fortgeschrittener Planung oder Investitionsentscheidung, für belastbare Informationen zu Finanzierung und Projektverlauf.
- **Institutionelle Vielfalt:** Abdeckung unterschiedlicher Governance-Modelle – von staatlich getragenen Infrastrukturen bis zu marktbasierten, privatwirtschaftlichen Ansätzen.
- **Geographische Diversität:** Verschiedene europäische und internationale Kontexte, um unterschiedliche politische Traditionen und institutionelle Erfahrungen zu erfassen.
- **Relevanz für den deutschen Kontext:** Übertragbarkeit von rechtlichen, wirtschaftlichen oder organisatorischen Rahmenbedingungen auf ein mögliches deutsches CCS-System.
- **Abdeckung der Wertschöpfungskette:** Fokus auf mehrstufige Projekte – von industrieller Abscheidung über Transport und Zwischenspeicherung bis zur Einlagerung.

Abbildung 3 Ausgewählte internationale Fallstudien



Quelle: Frontier Economics

Alle Fallstudien werden nach den in Abbildung 4 dargestellten Dimensionen untersucht:

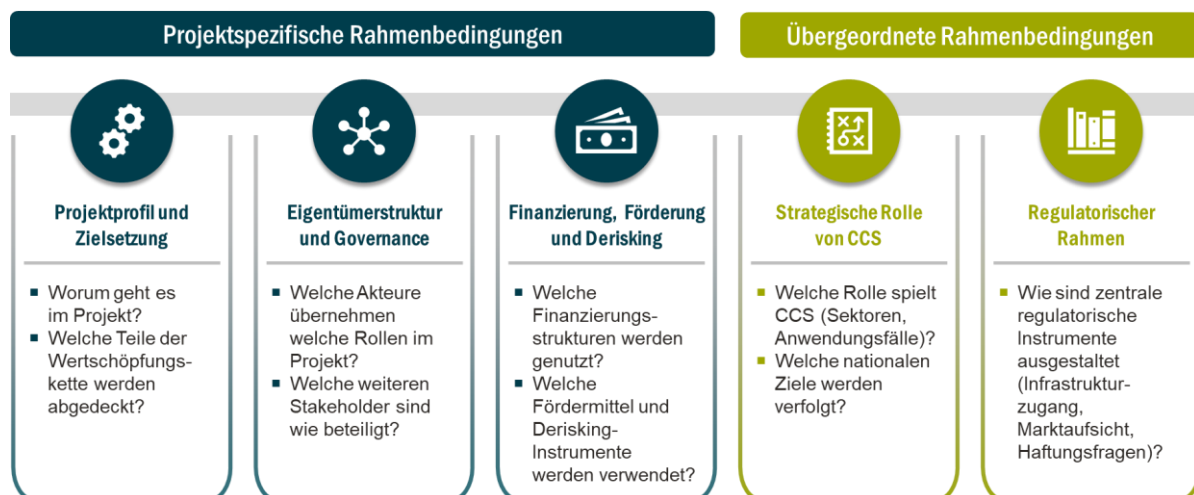
Projektspezifische Rahmenbedingungen

- **Projektprofil und Zielsetzung:** Beschrieben wird, welche Stufen der CCS-Wertschöpfungskette ein Projekt abdeckt (von der CO₂-Abscheidung über Transport bis zur Speicherung). Der Abschnitt erfasst den technischen Ansatz (Punkt-zu-Punkt-Verbindung, Cluster, regionale Netzwerke) sowie Projektstatus und -ziele (Planung, Bau, Betrieb).
- **Eigentümerstruktur und Governance:** Diese Dimension zeigt, welche Akteure beteiligt sind (öffentliche, private oder „gemischte“) und wie die Rollen verteilt sind. Sie berücksichtigt auch Koordinations-, Kommunikations- und Beteiligungsprozesse und deren Einfluss auf Akzeptanz und Planungssicherheit.
- **Finanzierung, Förderung und Derisking:** Analysiert werden Finanzierungsmodelle, Fördermechanismen und Instrumente zur Risikoabsicherung. Dazu zählen Zuschüsse für Investitionen und Betriebskosten, staatliche Garantien und verschiedene Absicherungsmechanismen.

Übergeordnete Rahmenbedingungen

- **Strategische Rolle von CCS:** Diese Dimension beschreibt, welche Bedeutung CCS im nationalen Kontext hat. Betrachtet werden politische Zielsetzungen, sektorale Schwerpunkte und die Einbindung in nationale oder europäische Strategien.
- **Regulatorischer Rahmen:** Untersucht werden die wichtigsten regulatorischen Instrumente: Genehmigungsverfahren, Infrastrukturzugang, Marktaufsicht, Haftungsfragen und die Langzeitverantwortung für Speicherstandorte.

Abbildung 4 Dimensionen für die Auswertung der Fallstudien



Quelle: Frontier Economics

3.2 Internationale Fallstudien: Erfahrungen aus ersten CCS-Projekten

In diesem Abschnitt stellen wir zunächst die Projekte kurz vor und beschreiben dann die wichtigsten CCS-spezifischen Rahmenbedingungen in den dazugehörigen Ländern. Die Ergebnisse der Fallstudienanalyse basieren auf einer Recherche öffentlich zugänglicher

Informationen zu den einzelnen Projekten. Zur Vertiefung der Analyse wurden ergänzend Experteninterviews für ausgewählte Projekte durchgeführt. Weitere Details finden sich in Projektsteckbriefen in Anhang A .

Kurzbeschreibung der Projekte

East Coast Cluster (Vereinigtes Königreich)

Das *East Coast Cluster* vereint die Industriecluster Teesside und Humber im Nordosten Englands und steht im Kern des britischen CCS-Programms. Ziel ist, bis 2030 rund 50 % der industriellen Emissionen der Region abzuscheiden und in der *Endurance*-Formation zu speichern, einer salzwasserhaltigen Gesteinsschicht unter der Nordsee. Das *East Coast Cluster* hat eine anfängliche Kapazität für Transport und Speicherung von 4 Mio. t CO₂ pro Jahr ab 2028 und einen Ausbaupfad auf bis 23 Mio. t pro Jahr bis 2035. Das CO₂ wird über eine 12 km lange Onshore-Pipeline in Teesside gesammelt und über eine 145 km lange Offshore-Pipeline von Teesside sowie eine 103 km lange Offshore-Pipeline von Humber zur Plattform transportiert. Die Transport- und Speicherinfrastruktur wird von der *Northern Endurance Partnership* gebaut und betrieben, einem Joint Venture aus *bp* (45 %), *Equinor* (45 %) und *TotalEnergies* (10 %). Auf der Abscheidungsseite sollen Industrieanlagen, Wasserstoffproduktion sowie mindestens ein Gaskraftwerk angeschlossen werden. Der britische Staat hat das großflächige Cluster nach einer öffentlichen Ausschreibungsphase ausgewählt und federt insbesondere das Risiko geringer Infrastrukturauslastung durch umfassende Förderung ab.²

Greensand (Dänemark)

Greensand Future ist ein dänisches Projekt für Transport und Speicherung von CO₂ mit Sammelstelle in Esbjerg und Schiffsverbindung zum *Nini West* Feld in der dänischen Nordsee. Zunächst ist die Einspeicherung von CO₂ aus der Biomethan-Aufbereitung vorgesehen. Perspektivisch sieht das Gesamtprojekt *Greensand* auch die Einspeicherung von industriellen Emissionen in mehreren ausgedienten Öl-Feldern des *Siri* Felds vor. Die kommerzielle Phase mit Investitionsentscheidung in 2024 umfasst 0,4 Mio. t biogenes CO₂ / Jahr. Das Potenzial von *Greensand* insgesamt soll in späteren Phasen bis zu 8 Mio. t CO₂ / Jahr betragen. Betrieben wird das Projekt von *INEOS* (40 %). Ebenfalls beteiligt sind *Harbour Energy* (40 %) und das staatliche Unternehmen *Nordsøfonden* (20 %). *Greensand* wurde durch Sachleistungen der Projektpartner sowie einen EUDP-Zuschuss unterstützt. Für zukünftige Projekte sind sogenannte „CCS-Pulje“ (Fördertöpfe) ausgeschrieben, die aus einer CO₂-Steuer auf Sektoren außerhalb des Emissionshandels finanziert werden. Sie sollen zukünftig zum CCS-Markthochlauf beitragen, indem sich Abscheidungsprojekte auf einen Zuschuss pro Tonne CO₂ bewerben können.³

² (Dept. for Business, Energy & Industrial Strategy, 2021), (DESNZ a, 2025), (DESNZ b, 2025), (East Coast Cluster, n.d.)

³ (Energistyrelsen, 2023), (Greensand Future b, 2025), (EUDP, 2025), (Harbour Energy, 2024)

Northern Lights (Norwegen)

Northern Lights ist ein norwegisches CO₂-Transport- und -Speicherprojekt. Ziel ist es, industriell abgeschiedenes CO₂ per Schiff zum CO₂-Empfangsterminal in Øygarden bei Bergen zu transportieren und von dort über eine rund 100 km lange Offshore-Pipeline dauerhaft in der unterseeischen *Johannsen-Formation* (*Aurora-Lizenz*) zu speichern. Phase 1 wurde Ende 2024 fertiggestellt, mit einer Kapazität von 1,5 Mio. t CO₂ pro Jahr. Mit der ersten Injektion im August 2025 ist der kommerzielle Betrieb gestartet. Im März 2025 wurde die Investitionsentscheidung (FID) für Phase 2 getroffen, die eine Erweiterung auf mindestens 5 Mio. t CO₂ pro Jahr bis 2028 vorsieht. *Northern Lights* wird als Joint Venture zu gleichen Teilen von *Equinor*, *Shell* und *TotalEnergies* betrieben. Das Projekt bildet den Transport- und Speicherabschnitt von *Longship*, einer vollständigen CCS-Wertschöpfungskette mit zwei industriellen Abscheidungsprojekten, einem Zementwerk und einer Müllverbrennungsanlage. *Northern Lights* erhielt in Phase 1 im Rahmen von *Longship* erhebliche Zuschüsse für Bau und Betrieb vom norwegischen Staat. Für Phase 2 hat die EU einen Zuschuss von 131 Mio. € bewilligt, weitere Einkünfte erfolgen über kommerzielle Vermarktung, darunter bereits drei grenzüberschreitende Abkommen mit *Yara* (NL), *Ørsted* (DK) und *Stockholm Exergi* (SE).⁴

Porthos (Niederlande)

Porthos ist das erste großskalige Transport- und Speicherprojekt für CO₂ in den Niederlanden. Ziel ist, jährlich rund 2,5 Mio. t CO₂ aus industriellen Prozessen abzuscheiden und dauerhaft unter der Nordsee einzulagern. Dazu wird eine 52 km lange Pipelinetransport- und Speicherinfrastruktur mit Sammelstelle im Hafen Rotterdam aufgebaut. Die geplante Betriebsphase reicht von 2026 bis 2042 mit einer Gesamtspeichermenge von 37 Mio. t CO₂. Betrieben wird *Porthos* als Joint Venture der staatseigenen Unternehmen *EBN* und *Gasunie*, sowie der *Hafenbehörde Rotterdam*. Die niederländische Regierung ist damit indirekt Investor und Garant des Projekts. Erste Kunden sind vier Industrieunternehmen, *Air Liquide*, *Air Products*, *Exxon-Mobil* und *Shell*, die feste Lieferverträge über CO₂-Mengen abgeschlossen haben. Die Gesamtinvestition liegt bei rund 1,2 Mrd. €. Finanziert wird diese teilweise aus dem EU-Programm *CEF* (108,5 Mio. €) sowie aus Investitionen der staatseigenen Unternehmen. Der wirtschaftliche Betrieb wird über Zuschüsse aus dem niederländischen SDE++ Instrument gesichert, das Differenzen zwischen Preisen im EU-Emissionshandel und Kosten für CCS ausgleicht.⁵

Pycasso (Frankreich)

Pycasso ist ein französisches Projekt, das die gesamte CCS-Wertschöpfungskette abbildet. Zwei Sammelstellen in industriellen Clustern in Südwest-Frankreich sollen per CO₂-Pipeline mit erschöpften Gas- und Ölfeldern in den Pyrenäen verbunden werden. Die Speicherung ist somit Onshore, darüber hinaus werden alternative Offshore-Speicherungen erwogen. Das

⁴ (Northern Lights, 2025), (Oxford Institute for Energy Studies, 2024), (Norsk Petroleum, 2025), (Gassnova, 2022)

⁵ (Netherlands Enterprise Agency, 2023), (Porthos, 2023), (Netherlands Court of Audit, 2024), (Mega Monheim, 2024)

Projekt wurde aufgrund Widerstands aus der lokalen Bevölkerung zunächst zurückgeworfen. Die Speicherort-Suche und geologische Studien laufen weiterhin, eine Investitionsentscheidung ist aber noch nicht erfolgt. Die Nutzung von CO₂ zur Produktion von Methan und Methanol aus Wasserstoff ist ebenfalls geplant. Organisiert ist *Pycasso* bisher als rein privates Konsortium mit über 30 Partnern, davon 12 als Teil eines Steuerungskomitees ohne feste Anteilsstruktur. Anker-Partner sind *Teréga* als Gas-Infrastrukturunternehmen, sowie *Lafarge (Holcim-Gruppe)* als repräsentativer Emittent aus der Zement- und Baustoff-Wirtschaft. Nationale Förderung für CCS in Frankreich beschränkt sich bisher auf Differenz-Verträge zwischen CCS-Kosten und ETS-Preisen sowie CAPEX-Zuschüsse auf Seite der Abscheidung. Für Transport- und Speicherung stehen lediglich Fördermittel auf EU-Ebene zur Verfügung. *Pycasso* hat einen Status als Project of Common Interest (PCI), das es für eine Bewerbung auf EU-Förderung (z.B. CEF) und beschleunigte Verfahren im Genehmigungsprozess nationaler Behörden berechtigt. Dies umfasst die gebündelte und fristgebundene Bearbeitung zentraler Verfahren – insbesondere für Bau und Betrieb von CO₂-Transport- und Speichieranlagen, Umwelt- und Raumordnungsprüfungen sowie die öffentliche Konsultation.⁶

Quest (Alberta, Kanada)

Quest ist ein bereits seit 2015 kommerziell aktives Projekt in der kanadischen Provinz Alberta und umfasst alle Stufen von der Abscheidung über den Transport bis zur Speicherung. Es wurden seit Betriebsbeginn ~10 Mio t. CO₂ eingespeichert, mit einer laufenden Einspeicherung von ~1 Mio t. CO₂ / Jahr. Die Abscheidung erfolgt als Teil einer Bitumen-Aufbereitungs-Anlage zur Rohöl-Gewinnung und reduziert deren direkte CO₂-Emissionen um etwa 35 %. Gespeichert wird das CO₂ onshore und unterirdisch in einer salzhaltigen Gesteinsschicht, etwa 60 km nördlich des Industrieparks, wohin es per Pipeline transportiert wird. *Quest* wird als Joint Venture von *Canadian Natural Resources* (90%), einem Produzenten von Rohöl und Erdgas, und *Shell* (10%) geführt. Als Pionier-Projekt bildete *Quest* den Startschuss für die großskalige CCS-Nutzung von geologisch geeigneten Stätten, insbesondere in Alberta und dem Süd-Westen von Kanada, aber auch in Québec und Ontario. Auf föderaler Ebene gibt es maßgebliche Unterstützung, sowohl direkt durch steuerliche Vergünstigungen bei Investitionen in CCS, als auch indirekt durch einen CO₂-Preis. CCS-Betreiber können Zertifikate verdienen, die sie im Emissionshandel verkaufen können. Die Provinz Alberta kofinanziert außerdem zukünftig 12 % der Investitionskosten bei allen CCS-Projekten und stellt Förder-Programme für Forschung und Entwicklung bereit.⁷

⁶ (CRE, 2024), (EC c, 2025), (Generaldirektorat für Unternehmen Frankreich, 2025), (George, 2024), (Ministerium für den ökologischen Wandel Frankreich, 2025), (Ministerium für den ökologischen Wandel Frankreich, 2024), (*Pycasso*, 2025)

⁷ (Government of Alberta, 2025), (Government of Canada, 2023), (ADEM, 2024), (ADEM, 2008), (Shell Canada, 2013), (Walton, 2024)

Nationale Rahmenbedingungen für CCS in den Projektländern

Abbildung 5 fasst die wichtigsten Aspekte der übergeordneten politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen in den verschiedenen Projektländern zusammen. Die strategische Rolle von CCS besteht in den betrachteten Ländern in erster Linie darin, eine Lösung zur Dekarbonisierung von Industrien mit technisch schwer vermeidbaren Emissionen zu schaffen, insbesondere in der Zementherstellung und der Müllverbrennung. Darüber hinaus werden in Großbritannien, Norwegen, Kanada und den Niederlanden auch weitere industrielle Anwendungen sowie die Herstellung von Wasserstoff unter Einsatz von Erdgas aktiv verfolgt oder zumindest nicht ausgeschlossen.

In allen betrachteten Ländern mit Ausnahme der Niederlande ist CCS im Rahmen einer CCS- oder Carbon Management Strategie langfristig politisch verankert. Alle haben zudem das London Protokoll ratifiziert. In den Niederlanden beschreibt die Roadmap für Carbon Dioxide Removal die Rolle von CCS vorwiegend als Brückentechnologie zur Minderung von industriellen Emissionen. Langfristig soll der Fokus in den Niederlanden aber vollständig von fossilen Emissionen wegrücken, weshalb die Förderung für CCS derzeit bis zum Jahr 2035 begrenzt wird.⁸

Zudem verfügen einige Länder über zentral koordinierte CCS-Programme, deren strategische Ausrichtung von staatlichen Institutionen betreut wird, wie beispielsweise *Longship* durch *Gassnova* in Norwegen. Länder mit hohen Speicherpotenzialen sehen auch wirtschaftliche Chancen in der Entwicklung von CCS. So streben Dänemark, Norwegen und Großbritannien aktiv internationale Abkommen für CO₂-Transporte an, um so den Import aus Ländern mit hohen CO₂-Emissionen wie Deutschland zu ermöglichen.

Der bisher entwickelte ökonomische Regulierungsrahmen mit Vorgaben zum Zugang, den Entgelten und dem Betrieb von CCS-Infrastrukturen ist in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich ausgeprägt. Während Großbritannien eher umfassende, detaillierte Vorgaben macht, beschränken sich Länder wie Norwegen und Kanada auf Überwachungs- und nachträgliche Eingriffsrechte für die zuständigen Behörden.

Die Auswertung zeigt, dass sich die genauen politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen durchaus zwischen den betrachteten Ländern unterscheiden. Allerdings folgen sie gemeinsamen Prioritäten und berücksichtigen die Koordination von Akteuren, die Absicherung von Investitionsrisiken und die Schaffung von Rechtssicherheit als zentrale Handlungsfelder. Welche Faktoren sich dabei als besonders erfolgversprechend erweisen – und wo potenzielle Hürden liegen – beschreiben wir im folgenden Kapitel.

⁸ (Klima- und Umweltministerium Niederlande, 2025)

Abbildung 5 Länder-spezifische übergeordnete Rahmenbedingungen

	Strategische Rolle von CCS 	Regulatorischer Rahmen 
 NL	■ CC(U)S als Brückentechnologie angesehen, um Klimaziele zu erreichen ■ Keine dezidierte CC(U)S-Strategie ■ Günstige Bedingungen für CO₂-Speicherung, Importe aus DE erwartet ■ Business-zu-Business Markt anvisiert mit politischer Rückendeckung	■ Verhandelter Netzzugang für Dritte gewährleistet, Entgelte nicht reguliert ■ „Mining Act“ regelt Genehmigung, Monitoring, Langzeitverantwortung ■ 20 Jahre nach Betriebsende übernimmt Staat die Haftung für Speicher ■ Erste EU-Zulassung von Teilnahme von CCS-Projekt an Emissionshandel
 UK	■ CCS fest integriert in Strategie für Industrie, Standort & Dekarbonisierung ■ 20-30 Mio t /a CCS-Kapazität bis 2030, dann eigenständiger Marktaufbau ■ Hochlauf über umfassende CCS-Cluster in industriellen Regionen geplant ■ Interaktion mit Strom & H₂: Gaskraftwerke mit CCS sollen Netz sichern	■ Regulierter Netzzugang, Verhandlung u. Entgelt unterliegen Vorgaben ■ Behörde Ofgem überwacht Kosten, Umsatz und Gewinn der Betreiber ■ Strikte Entflechtung zwischen Abscheidung versus Transport/Speicherung ■ Innerhalb eines Clusters dürfen CCS-Service-Verträge abgestimmt werden
 NO	■ CCS als Kerninstrument zur Emissions-Reduktion seit 2014 verankert ■ Gute Bedingungen für CO₂-Speicherung, Longship leistet Pionier-Arbeit ■ Regierung schließt strategische Kooperationen mit Partner-Ländern ■ Staatliches Gassnova kümmert sich seit 2005 strategisch um CCS	■ Verhandelter Netzzugang, keine regulierten Entgelte oder Kontingente ■ Ministerium kann Entgelte und Abkommen genehmigen / anpassen ■ Entflechtung Transport/Speicher u. Abscheidung nicht Pflicht aber empfohlen ■ Eher freieres regulatorisches Modell mit klaren Eingriffsrechten
 DK	■ CCS erklärter Teil des Klima-Abkommens für Energie und Industrie ■ Konkrete CCS-Strategie darauf aufbauend mit Ziel: 3.2 Mio t /Jahr ab 2029 ■ Bereits internationale Abkommen / MoUs mit BE, NL, SE und AT ■ Dänemark möchte sich als europäischer CO₂-Knotenpunkt etablieren	■ Reguliert-verhandelter Zugang, Basispreise öffentlich aber verhandelbar ■ Danish Energy Agency zuständig für Speicher-Genehmigung/Lizensierung ■ Staat stets 20% Ko-Eigner an Speicher-Lizenzen (über Nordsøfonden) ■ Rechtsrahmen für Speicherung in Kraft, Transportgesetz in Vorbereitung
 FR	■ CCS vorgesehen in Low Carbon Strategie als notwendig für Net Zero ■ Konkrete CCUS-Strategie setzt auf Cluster-Bildung, schwer vermeidbare Emissionen und Nutzung zur Methanol-Produktion für Luft/Schifffahrt ■ Transport- u. Infrastruktur-Plan der Gasnetzbetreiber denkt CCS schon mit	■ Noch kein allgemeines Rahmenwerk in Kraft ■ CRE (Regulator) spricht sich laut ersten Empfehlungen für flexible Regulierung in enger Abstimmung mit individuellen Projekten aus ■ Diskriminierungsfreier Zugang, Transparenz, Tarifaufsicht sind anvisiert
 CA	■ Carbon Management Strategy sieht 16.3 Mio t /Jahr CCS ab 2030 als Ziel ■ Alberta hat günstige geologische Bedingungen für CO₂-Speicherung und intensive Industrie mit wenig anderen verfügbaren Vermeidungs-Lösungen ■ CCS wird gefördert und ist zentral für Verminderung fossiler Emissionen	■ Provinz Alberta führend in Etablierung eines regulatorischen Rahmens und lässt auch organisatorisch integrierte Wertschöpfungsketten zu ■ Regulierung schreibt Sicherheits-Standards für Auswahl, Monitoring von Speicherorten, sowie Prozesse zur öffentlichen Beteiligung vor

Quelle: Frontier Economics

3.3 Erfolgsfaktoren für den Aufbau der CCS-Wertschöpfungskette

Aus der Analyse der Fallstudien lassen sich eine Reihe von zentralen Erfolgsfaktoren und potenziellen Hindernissen für die Etablierung erster CCS-Wertschöpfungsketten ableiten.

Allen Fallstudien ist gemein, dass öffentliche Institutionen eine zentrale Rolle einnehmen, um einen Markthochlauf für CCS zu ermöglichen. Bei unserer Analyse zeigen sich zudem mehrere konkrete Erfolgsfaktoren: Dazu gehören ein frühzeitig gesicherter Rechtsrahmen, ein Marktdesign mit wirtschaftlichen Anreizen und die Perspektive auf einen positiven Business Case, der Fokus auf vollständige Wertschöpfungsketten, Bemühungen um internationale Partner für CCS sowie eine überwiegende gesellschaftliche Akzeptanz und Teilhabe. Abbildung 6 fasst die im Rahmen der Fallstudien identifizierten Erfolgsfaktoren zusammen. In den nachfolgenden Abschnitten gehen wir auf die wichtigsten Erkenntnisse im Detail ein.

Abbildung 6 Erfolgreiche CCS-Projekte zeichnen sich aus durch...



Quelle: Frontier Economics

Rechtssicherheit für Speicherung und Transport

Aus den Fallstudien geht hervor, dass frühe Rechtssicherheit eine zentrale Voraussetzung für den Aufbau einer funktionierenden CCS-Wertschöpfungskette ist. Damit Projekte überhaupt entstehen können, muss die geologische Speicherung von CO₂ erlaubt und Rechtssicherheit – etwa zu Onshore- oder Offshore-Speicherung, Schutzzonen, oder Lizenzierung – gegeben sein. Entscheidend ist außerdem ein verlässlicher Rahmen für die Haftung schwer versicherbarer Langfrist-Risiken von CO₂-Speichern nach Betriebsende. Auch für die Transportinfrastruktur stellen sich Fragen zu Haftung, Sicherheitsvorkehrungen, Stakeholder-Beteiligung und Genehmigungen, welche einer rechtlichen Grundlage bedürfen.

In den betrachteten Ländern unserer Fallstudien besteht ein solcher Rechtsrahmen bereits. Sie regeln neben der grundsätzlichen Zulässigkeit von CCS auch den Umgang mit

langfristigen Restrisiken, vielfach in Anlehnung an die EU-CCS-Richtlinie (EU, 2009). Wo keine kommerziellen Versicherungen verfügbar sind, besteht z. B. die Möglichkeit, dass der Staat gegen eine Gebühr und nach einer festgelegten Frist – häufig 20 Jahre nach Schließung des Speichers – Verantwortung für Monitoring und etwaige Folgeschäden übernimmt (EC b, 2025).

Wirtschaftliche Anreize zur Nutzung von CCS

Die Fallstudien zeigen auch, dass in den meisten der untersuchten Projekte die Nutzung von CCS für Emittenten ohne zusätzliche Anreize noch nicht wirtschaftlich attraktiv ist – ohne ein Schließen dieser Finanzierungslücke entsteht damit keine Nachfrage nach Transport- und Speicherdienstleistungen.

Das kanadische *Quest*-Projekt ist das langjährigste unter den untersuchten Fallstudien. Die Einnahmenseite setzt sich aus dem Verkauf von Emissionszertifikaten einerseits und öffentlicher Förderung andererseits zusammen, wobei letztere bislang rund 60 % der Gesamtkosten gedeckt hat (ADEM, 2024). Nach zehn Jahren läuft die Förderung nun aus, sodass sich das Projekt zukünftig selbst trägt. Neue CCS-Projekte erhalten in Kanada direkte Investitionszuschüsse und steuerliche Begünstigungen sowie laufende Zuschüsse in Form von Differenzverträgen (Contracts for Difference), die je nach Höhe des CO₂-Preises die notwendigen Einnahmen zur Deckung der Mehrkosten von CCS garantieren – ähnlich den Klimaschutzverträgen in Deutschland (Government of Alberta, 2025), (Department of Finance Canada, 2023).

Auch Dänemark, Großbritannien, die Niederlande und Frankreich setzen zunehmend auf Instrumente ähnlich zu Contracts for Difference. Diese Verträge erfüllen zwei zentrale Funktionen: Sie gleichen Preisschwankungen im Emissionshandel aus und sichern zugleich ein Mindestpreisniveau ab. So werden First-Mover-Nachteile ausgeglichen, indem die Rentabilität der CCS-Projekte auch dann erhalten bleibt, wenn künftig CCS oder alternative CO₂-Vermeidungstechnologien günstiger werden oder der CO₂-Preis sinkt. Das Preisniveau der Differenzverträge wird meist in wettbewerblichen Verfahren und Ausschreibungen festgelegt, sodass Anreize zur Effizienz für die Projekte bestehen bleiben.

Fokus auf Wertschöpfungsketten

Alle Teile der CCS-Wertschöpfungskette hängen zusammen und sind aufeinander angewiesen. Der CO₂-Transport ist das Bindeglied zwischen Abscheidung und Speicherung. Ohne gesicherte Transportperspektive kommen weder Abscheidungs- noch Speicherprojekte zur finalen Investitionsentscheidung. Umgekehrt gilt: Auch der Ausbau von Transportinfrastruktur ist nur sinnvoll, wenn ausreichende Speicher- und Abscheidungskapazitäten absehbar sind. Die Erfahrungen aus den Fallstudien zeigen, dass eine integrierte Planung von Transport und Speicherung Auslastungsrisiken reduziert und dadurch die Investitionsfähigkeit erhöht. Dies gilt insbesondere für die ersten in der Markthochlaufphase entstehenden CCS-Wertschöpfungsketten.

In Großbritannien profitierte das *East Coast Cluster* von Erfahrungen aus früheren CCS-Projekten, die daran scheiterten, dass Abscheidungsquellen identifiziert, aber keine tragfähigen Transport- und Speicherstrukturen vorhanden waren. Das *East Coast Cluster* setzte deshalb auf einen zweistufigen Ansatz: Zunächst wurden großflächige Cluster mit klaren Transport- und Speicherplänen definiert. Im Anschluss folgten Ausschreibungen für Abscheidungsprojekte. Dieses umfassende Verfahren reduzierte Koordinationsrisiken, führte aber auch zu Verzögerungen und hohen Vorlaufkosten (DESNZ a, 2023). Nach Angaben von Projektbeteiligten, mit denen während der Entwicklung dieser Studie gesprochen wurde, war der Fortschritt des großskaligen *East Coast Cluster* nur möglich, weil *bp* und *Equinor* sowohl in den Joint Ventures für Transport und Speicherung (*Northern Endurance Partnership*) als auch in den Abscheidungsprojekten (z.B. *Net Zero Teesside*) engagiert sind. Dies reduzierte die Schnittstellenrisiken, schuf Vertrauen zwischen den beteiligten Akteuren und verringerte Kundenrisiken durch vereinfachte Vertragsgestaltung (Equinor, 2025).

Die bisherigen Erfahrungen zeigen: Für große Investitionen in Transport- und Speicherinfrastruktur ist eine glaubwürdige Perspektive zur anfänglichen Mindestnutzung und der langfristig gesicherten Auslastung entscheidend. Projekte wie *Northern Lights*, *Greensand*, *Porthos* und *Quest* verdeutlichen zudem, dass ein schrittweiser Ausbau mit Ankerkunden die Risiken in der frühen Phase verringert. Besonders *Northern Lights* sticht hervor: Im staatlichen Programm *Longship* werden Transport- und Speicherinfrastruktur sowie Abscheidungsprojekte zwar über getrennte Förderverträge unterstützt, aber gemeinsam gedacht. Verzögert sich die Projektrealisierung, greifen Sanktionen für den betroffenen Teil der Kette. In Phase 1 übernimmt der Staat 80 % der Investitions- und Betriebskosten für die ersten zehn Jahre. Die übrigen 20 % tragen die privaten Teilhaber. Im Gegenzug erhält *Northern Lights* von den beiden *Longship*-Abscheidungsprojekten in den ersten zehn Jahren keine Entgelte (ESA, 2020). Das Projekt hat damit in der Anfangsphase ein überschaubares Risiko. Aber ohne zusätzliche kommerzielle Verträge wäre der Business Case für die privaten Investoren zunächst negativ. Das schafft starke Anreize, die verbleibende Kapazität aus Phase 1 sowie zusätzliche Kapazitäten aus einer weitgehend unabhängig finanzierten Expansion zu vermarkten.

Verzicht auf allumfassende Detailregulierung

Die Projekte in unseren Fallstudien und deren zuständige Behörden gehen unterschiedliche Wege bei den Möglichkeiten einer ökonomischen Regulierung des CCS-Marktes. Unsere Analyse zeigt, dass es wichtig ist, mögliche Bedenken hinsichtlich potenzieller Marktmacht, mangelnder Transparenz und dem Zugang zu Infrastrukturen zu adressieren. Eine umfassende ökonomische Regulierung kann allerdings ein Showstopper sein, falls diese durch langwierige Verfahren Projektentscheidungen verzögert, Unsicherheiten und Komplexität eher begünstigt als entschärft, oder Handlungsspielräume in frühen Projektstadien bereits unnötig einschränkt.

Das *East Coast Cluster* in Großbritannien verfügt über das umfassendste ökonomische Regulierungswerk unter den betrachteten Fallstudien. Es legt Vorgaben zu Netzzugang, erlaubtem Umsatz und einer direkten Aufsicht über Kosten und Einnahmen durch die Behörde *Ofgem* fest (CATF, 2024). Die Entwicklung dieses Regulierungsrahmens und die Verhandlungen

über zulässige Kapitalerträge zwischen Regierung und Industrie dauerten mehrere Jahre. Das führte zu Verzögerungen, benötigte hohen administrativen Aufwand, und erschwerte Investitionsentscheidungen, da zentrale Parameter, wie die zulässige Rendite, die Risikoallokation und die Einnahmensicherung, lange offen blieben. Motivation für dieses Regulierungswerk war ursprünglich, Investoren eine gewisse langfristige Einkommenssicherheit zu ermöglichen, sowie eine faire Bemessungsgrundlage für staatliche geförderte Mindestvergütungen für anfänglich noch ungenutzte Transportkapazität sicherzustellen. *Ofgem* überprüft den tatsächlichen Nutzen des Regulierungswerks zum Zeitpunkt dieser Studie durch eine Konsultation (DESNZ c, 2025).

Die Niederlande und Norwegen sehen einen verhandelten Netzzugang vor. Dabei dürfen die Parteien frei über Verträge für Transport- und Speicherung verhandeln. Behörden sehen diese Verträge aber ein und können notfalls eingreifen, um diskriminierungsfreien Zugang zu gewährleisten (EC, 2023), (Gassnova, 2022). In Dänemark sind Basistarife und Zugangsbedingungen der Betreiber zudem zwingend öffentlich einsehbar, dürfen aber nachverhandelt werden, sodass man von reguliert-verhandeltem Netzzugang spricht (Energistyrelsen, 2025). Bei *Northern Lights* in Norwegen und *Greensand* in Dänemark findet der CO₂-Transport zum CO₂-Hub über Schiffe beziehungsweise LKWs statt. Die Emittenten sind somit nicht leitungsgelassen an einen bestimmten Speicher, auch wenn die verfügbare Auswahl noch begrenzt ist. Bei beiden Projekten ist es auf Basis einer engen Abstimmung und provisorischer Absprachen zwischen Behörden und Betreibern möglich gewesen, erste wichtige Projektentscheidungen bereits vor der vollständigen Klärung aller regulatorischen Fragen zu treffen (Equinor, 2025).

Die Governance-Struktur der Projekte unterscheidet sich ebenfalls. Während *Porthos* von staatlichen Unternehmen getragen ist, hat der Staat bei *Greensand* eine Minderheits-Beteiligung und ist bei *Northern Lights*, *Quest*, *East Coast Cluster* oder *Pycasso* nicht direkt als Teilhaber am Projekt beteiligt. Es kann nicht grundsätzlich festgestellt werden, dass ein Modell erfolgsversprechender ist, als ein anderes. Wichtig für den Erfolg von Projekten ist aber, dass ein Modell der öffentlich-privaten Zusammenarbeit und die Governance-Struktur an den nationalen Kontext angepasst sind. Norwegen greift beispielsweise auf langjährige vertrauensbildende Zusammenarbeit zwischen Staat und Wirtschaft zurück, was privaten Akteuren Flexibilität im Aufsetzen und Betreiben ihrer Projekte erlaubt (Gassnova, 2022). Zudem hat *Gassnova* als staatliche Institution erheblichen Einfluss auf *Northern Lights* und das übergeordnete Programm *Longship*, da *Gassnova* die öffentliche Förderung koordiniert und als Garant des politischen Willens den Erfolg dieser ersten vollständigen Wertschöpfungskette in Norwegen vorantreibt. In Dänemark kann *Nordsøfonden* als direkt beteiligte Instanz sogar durchaus auf Projekt-Entscheidungen Einfluss nehmen und damit die politischen Ziele für CCS in Dänemark aktiv verfolgen und sicherstellen (Nordsoefonden, 2024).

Internationale Zusammenarbeit

Mehrere Projekte in den Fallstudien sind auf Emittenten aus anderen Ländern als Kunden angewiesen, wohingegen Staaten wie Deutschland, zukünftig CO₂ exportieren könnten. Der Hochlauf von Transport- und Speicherinfrastruktur, insbesondere in Norwegen, Dänemark,

Großbritannien, den Niederlanden und Belgien erfordert somit den Abschluss internationaler Abkommen.

Northern Lights ist bislang das einzige Projekt, das bereits mehrere verbindliche grenzüberschreitende Transport- und Speicherverträge abgeschlossen hat. Bereits in der frühen Projektphase fand ein Austausch mit Partnerländern wie Schweden, Dänemark und den Niederlanden statt, um rechtliche und technische Rahmenbedingungen für den sicheren CO₂-Transport über internationale Gewässer zu klären (OGCI, 2025).

Die Betreiber von *Porthos* in den Niederlanden hoffen ebenfalls auf eine künftige Einbindung deutscher Emittenten. Eine mögliche Erweiterung des Projekts hängt unter anderem von Transportverbindungen nach Nordrhein-Westfalen ab (Port of Rotterdam Authority, 2024). Auch *Greensand* in Dänemark verfügt über erhebliches über die nationalen Bedarfe hinausgehendes Speicherpotenzial. Nationale Biomethan-Produzenten wirken in der ersten Projektphase *Greensand Future* als Anker-Kunden. Neben bereits gesicherten geringen Volumina aus Schweden (Greensand Future a, 2025) sind zukünftig weitere industrielle Abscheidungsquellen auch aus Deutschland erforderlich, um eine Erweiterung der Speicherkapazität zu ermöglichen.

Für das *East Coast Cluster* in Großbritannien ist der Import von CO₂ derzeit nicht vorgesehen. Grundlegend hängt die Ausschöpfung weiterer Speicherpotenziale in Großbritannien ebenfalls von weiterer Transport- und Speicherinfrastruktur ab. Außerdem setzen grenzüberschreitende CCS-Wertschöpfungsketten voraus, dass Einspeicherungen als Zertifikate im EU ETS anerkannt werden können (DESNZ b, 2023). Eine Verknüpfung der beiden Handelssysteme wurde im Mai 2025 vereinbart, befindet sich aber noch in der Umsetzung (EC a, 2025).

Gesellschaftliche Akzeptanz und Beteiligung

In nahezu allen Fallstudien spielt der Rückhalt in der Gesellschaft und insbesondere die Beteiligung der lokal betroffenen Bevölkerung eine zentrale Rolle für den Erfolg von CCS-Projekten.

So wurde beim kanadischen Projekt *Quest* die Route der Pipeline den Bedarfen der lokalen Bevölkerung angepasst (Shell Canada, 2013). Beim Projekt *Pycasso* in Südwestfrankreich führten hingegen lokaler Widerstand und Bedenken zur geologischen Sicherheit dazu, dass die Umsetzung bereits in der frühen Entwicklungsphase ins Stocken geriet. Nach ersten Standort-Untersuchungen wurden die geologischen Studien ausgesetzt. Während CCS auf nationaler Ebene als Chance für die Industriestandorte gesehen und politisch unterstützt wurde, blieb die Akzeptanz in der betroffenen Region gering (George, 2024).

Beim norwegischen Projekt *Northern Lights* gelang es dagegen, breiteren gesellschaftlichen Rückhalt für die Speicherung von CO₂ aufzubauen – auch für den großskaligen Import aus Kontinentaleuropa. CCS wird nicht nur als Klimaschutzmaßnahme, sondern als industriepolitische Chance betrachtet, die bestehende Arbeitsplätze sichern und neue schaffen kann (Oxford Institute for Energy Studies, 2024). In Großbritannien wird CCS aus denselben

Gründen politisch klar unterstützt. Rückhalt in der britischen Bevölkerung ist jedoch weniger eindeutig, aufgrund von Bedenken über Risiken, Umwelt und Kosten. Studien von Universitäten zufolge ist daher Aufklärung zu CCS wichtig. Mehr Informationen allein reichen aber nicht und es braucht eine Strategie zur Beteiligung an politischen Entscheidungen über CCS (UCL, 2014), (University of Leeds, 2022).

Auch die Niederlande haben nach früheren Konflikten – insbesondere um das Projekt *Barendrecht* – ihre Öffentlichkeitsarbeit angepasst. Bei aktuellen Projekten wie *Porthos* wird auf frühe Bürgerbeteiligung, transparente Verfahren und klar definierte Sicherheitsstandards gesetzt. Die Verbindung von CCS mit der Dekarbonisierung der Hafenindustrie und positiven Beschäftigungseffekten hat geholfen, das Vertrauen in die Technologie schrittweise zu stärken (ACCESS, 2024).

In Dänemark entsteht die Vision, europäischer CO₂-Knotenpunkt zu werden, mit neuen wirtschaftlichen Chancen. Einnahmen aus der Förderung fossiler Brennstoffe werden zukünftig zurückgehen (IEA, 2023). Gleichzeitig steht die Industrie vor einer kostspieligen Stilllegung von Gas- und Ölfeldern, hätte aber umfangreiche technische Expertise für CCS (Equinor, 2025). Die Bevölkerung wird über öffentliche Konsultationen aktiv in Entscheidungsprozesse eingebunden. Bürgerdialoge sind dabei kein freiwilliges Instrument, sondern Teil des verpflichtenden Arbeitsprogramms für Speicherlizenzinhaber. Diese Programme werden staatlich überwacht und sind gleichrangig mit den geologischen Verpflichtungen zur Untergrundbewertung (Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities, 2024). Zusätzlich soll Nutzung der Speicherpotenziale als öffentliche Ressource der Allgemeinheit zukommen. Dies wird über eine 20 %-Beteiligung des staatlichen *Nordsøfonden* an *Greensand Future* und allen anderen Speicherlizenzen garantiert (Nordsoefonden, 2024).

Fazit aus den Fallstudien

Die internationalen Fallstudien zeigen: Der Erfolg von CCS-Projekten hängt weniger von detaillierter Regulierung ab, sondern von klaren rechtlichen und wirtschaftlichen Grundprinzipien, und einer aktiven Rolle des Staates bei Koordination und Risikominderung. Im nächsten Kapitel werden diese Erkenntnisse aus den Projekten systematisch verdichtet und in gangbare Lösungswege für den deutschen Kontext überführt.

4 Lösungswege entwickeln: Rahmenbedingungen und Instrumente für den CCS-Markthochlauf in Deutschland

Der Hochlauf von CCS in Deutschland wird als ein wichtiger Baustein für das Erreichen der Klimaneutralität angesehen. CCS kann Industrieemissionen nahezu vollständig abscheiden und dauerhaft speichern, negative Emissionen ermöglichen und im Wettbewerb mit anderen Technologien zu einer möglichst schnellen und kosteneffizienten Realisierung der Energiewende beitragen.

Derzeit befindet sich CCS in einer frühen Phase der Marktentwicklung. Es bedarf aufgrund der in Kapitel 2 identifizierten Planungs-, Koordinations- und Finanzierungsrisiken eines geeigneten politischen Rahmens, damit sich CCS als Technologie etablieren kann. Die in den internationalen Fallstudien analysierten Pionierprojekte zeigen auf, welche Maßnahmen und Instrumente in den verschiedenen Handlungsfeldern eingesetzt werden können, um den Aufbau erster CCS-Wertschöpfungsketten erfolgreich zu unterstützen.

Im Folgenden stellen wir fünf zentrale Lösungsbausteine vor, die wir auf Basis unserer Auswertungen der internationalen Erfahrungen für den Markthochlauf von CCS in Deutschland als besonders geeignet identifiziert haben. Die vorgeschlagenen Bausteine haben wir einer Kurzbewertung unterzogen. Bei dieser prüfen wir, ob die Maßnahmen im internationalen Kontext zu einer effektiven⁹ und möglichst kosteneffizienten¹⁰ Implementierung von CCS-Projekten führen und ob sie in Deutschland umsetzbar und anschlussfähig¹¹ sind.

4.1 Baustein 1: CCS als strategisches industriepolitisches Projekt verankern

Alle international erfolgreichen CCS-Projekte entstehen in Ländern, in denen die Notwendigkeit und das Potenzial von CCS politisch und strategisch klar verankert sind. Ein solches politisches Bekenntnis schafft – gestützt durch entsprechende Strategien und Gesetze – das Vertrauen, das für langfristige Investitionen erforderlich ist. In Deutschland könnte dies durch die Verankerung von **CCS als integralem Bestandteil der nationalen Klimaschutzarchitektur** erfolgen, beispielsweise im Rahmen einer nationalen Carbon-Management-Strategie.¹² Internationale Projekterfahrungen zeigen zudem: Eine erfolgreiche Gesamtstrategie sollte auch eine **Kommunikationsstrategie** umfassen, die Transparenz schafft, Vertrauen in die

⁹ Ein Baustein ist effektiv, wenn die Maßnahme(n) Koordinationshemmnisse abbauen, Risiken reduzieren und die Projektrealisierung beschleunigen.

¹⁰ Ein Baustein ist kosteneffizient, wenn die Maßnahme(n) Innovation und Wettbewerb entlang der Wertschöpfungskette stärken und dadurch auf den einzelnen Stufen Kosten für Abscheidung, Transport und Speicherung senken.

¹¹ Anschlussfähigkeit wird dadurch ermöglicht, dass die Maßnahme (voraussichtlich) rechtlich-regulatorisch zulässig, administrativ praktikabel, in Geschäftsmodelle integrierbar und gesellschaftlich tragfähig ist.

¹² Bereits in der vergangenen Legislaturperiode hatte die damalige Bundesregierung Eckpunkte für eine Deutsche Carbon Management Strategie festgelegt (BMWE, 2024). Eine finalisierte Strategie wurde allerdings bislang nicht veröffentlicht.

sichere Anwendung von CCS-Technologien fördert und die Beteiligung von Stakeholdern an Entscheidungsprozessen vorsieht. Dies ist entscheidend, um die gesellschaftliche Akzeptanz für kritische Infrastrukturprojekte zu stärken.

Eine zielführende Gesamtstrategie könnte daher die folgenden Aspekte beinhalten:

- Entwicklung einer klaren und positiven politischen Vision für den Einsatz von CCS zur Erreichung der Klimaziele in Deutschland;
- Betonung der industriepolitischen Bedeutung von CCS zum Fortschritt industrieller Wertschöpfung und der damit verbundenen Wohlfahrtseffekte;
- Anerkennung von CCS als Dekarbonisierungsoption in einem breiten Technologiemix;
- Verzicht auf eine enge politische Eingrenzung von CCS, wie z.B. auf technisch nicht vermeidbare Emissionen in der Zement- und Kalkindustrie sowie der Abfallverbrennung.

Wenn CCS in Deutschland als gleichwertige Dekarbonisierungsoption neben anderen Technologien zugelassen würde, könnte dies dazu führen, dass CCS in verschiedenen industriellen Anwendungen eingesetzt wird – selbst dort, wo Emissionen technisch vermeidbar wären, etwa in der Stahl- oder Chemiebranche. Ein offener Technologiewettbewerb würde sicherstellen, dass sich die Lösungen mit den geringsten gesamtgesellschaftlichen Kosten durchsetzen. Als Teil eines breiten Technologiemixes könnte CCS somit einen wichtigen Beitrag zur kosteneffizienten Erreichung der Klimaziele leisten.

4.2 Baustein 2: Hochlauf von CCS benötigt einen klaren rechtlichen und politischen Rahmen und eine Regulierung mit Augenmaß

Alle internationalen Fallstudien zeigen, dass die erfolgreiche Umsetzung von CCS-Projekten einen klaren **rechtlichen Rahmen** für die Abscheidung, den Transport und die Speicherung von CO₂ erfordert. Das im Bundestag verabschiedete Kohlendioxid-Speicherung- und Transport Gesetz (KSpTG) soll erstmals einen Rechtsrahmen für den kommerziellen Einsatz von CCS in Deutschland schaffen. Darüber hinaus soll die vom Bundeskabinett beschlossene Änderung des Hohe-See-Einbringungsgesetzes (HSEG) die rechtlichen Bedingungen für den Offshore-Transport und die Speicherung von CO₂ klären.

Die internationalen Erfahrungen zeigen zudem, dass für die erfolgreiche Umsetzung der Projekte effiziente **Planungs- und Genehmigungsprozesse** für CCS-Infrastrukturen eine große Rolle spielen. Die Fallstudien machen deutlich, dass der Staat hier einen wichtigen Beitrag leisten kann, indem er Planungs- und Koordinationsrisiken reduziert und so Investitionsentscheidungen ermöglicht. Eine **unterstützende und koordinierende Rolle von Bundes- und Landesstellen** erscheint sinnvoll, um den Austausch zwischen lokalen und regionalen Interessengruppen sowie Projektentwicklern zu begleiten. Die Einrichtung einer **zentralen CCS-Koordinierungsstelle** könnte dabei helfen, die Zuständigkeiten zu bündeln, Kommunikationsprozesse zu steuern, komplexe Planungsprozesse zu moderieren und relevante Stakeholdergruppen einzubinden.

Geprüft werden könnte zudem die Einrichtung eines **nationalen CCS-Rats** – ähnlich dem nationalen Wasserstoffrat – als unabhängiges Beratungsgremium, um Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zu identifizieren, eine zentrale Wissensplattform zu etablieren, in der die Expertise aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft gebündelt wird.

Die internationalen Fallstudien zeigen zudem: Über die Schaffung politischer und rechtlicher Rahmenbedingungen, deren Umsetzung, eine zentrale staatliche Koordinierungsrolle sowie die Unterstützung bei der Projektfinanzierung (siehe Baustein 5) hinaus gibt es keine klare Evidenz, dass ein tiefergehender staatlicher Eingriff in den Markt erforderlich wäre, um erste Projekte zu realisieren. Dies gilt insbesondere für eine detaillierte wirtschaftliche Regulierung des CCS-Marktes und der zugehörigen Transport- und Speicherinfrastrukturen.

In den betrachteten Ländern wird bislang lediglich im Vereinigten Königreich ein zentralplanerischer Ansatz verfolgt, bei dem der Staat und die zuständigen Behörden aktiv die CCS-Wertschöpfungsketten, in Form von regulierten Geschäftsmodellen für die CO₂-Abscheidung, den Transport und die Speicherung gestalten. In den Niederlanden und Dänemark ist der Staat über direkte Beteiligungen staatlicher Unternehmen an CCS-Projekten stark involviert. Wie in den anderen Ländern spielt der Staat hier zwar eine wichtige Rolle für Koordination, Risikominimierung und Rechtsrahmen, überlässt die genaue Ausgestaltung des Marktes aber den Marktakteuren.

4.3 Baustein 3: Integrierte Geschäftsmodelle im CO₂-Transport und -Speichersektor in der Hochlaufphase zulassen

Um die Planungs- und Koordinationsrisiken entlang der CCS-Wertschöpfungskette zu reduzieren, kann es hilfreich sein, Unternehmen zu erlauben, an mehreren Stufen derselben Kette gleichzeitig aktiv zu sein. Das Zulassen (temporärer) vertikaler Integration kann dabei, ähnlich wie der Abschluss von langfristigen exklusiven vertraglichen Bindungen, eine Absicherung der Koordinationsrisiken ermöglichen. Hingegen könnten strikte Entflechtung und die Unterbindung des Austausches zwischen den voneinander abhängigen Wertschöpfungsstufen den Markthochlauf eher behindern, wenn sie Handlungsspielräume unnötig einschränken und Schnittstellenrisiken begünstigen.

Vertikal integrierte Geschäftsmodelle können insbesondere bei den kapitalintensiven Investitionen in die Abscheidungs-, Transport- und Speicherinfrastruktur sinnvoll sein, um Schnittstellenrisiken entlang der Kette zu reduzieren und Investitionen zu beschleunigen. Sie ermöglichen es darüber hinaus den Emittenten, das emittierte CO₂ „am Werkstor“ zu übergeben, ohne selbst Transport- und Speicherlösungen managen zu müssen („One-Stop-Shop“).

Die Gefahr, dass es bei integrierten Strukturen zu marktbeherrschenden Stellungen und Marktmissbrauch kommt, erscheint dabei zunächst gering. Insbesondere in der Frühphase des Marktes sind in den einzelnen Clustern die Wertschöpfungsketten von einer relativ geringen Anzahl an Akteuren bestimmt, sodass die Verhandlungsmacht nicht eindeutig zugunsten einer Wertschöpfungsstufe oder zugunsten von Anbietern gegenüber Nachfragern verteilt ist.

Außerdem stehen beim Onshore-Transport kurz- bis mittelfristig verschiedene Transportoptionen (per LKW, Schiff, Zug oder leitungsgebunden), sowie unterschiedliche Korridore und Projekte miteinander im Wettbewerb. In einem langfristig entwickelten Markt könnte sich der leitungsgebundene Onshore-Transport als kosteneffizienteste Option erweisen. Daraus könnten langfristig regulatorische Eingriffe zur Begrenzung von Marktmacht (natürliches Monopol) notwendig sein. Angesichts der oben genannten Vorteile in der Hochlaufphase erscheint es jedoch sinnvoll, dies als reaktive Option für eine spätere Phase der Marktentwicklung vorzuhalten. Zudem sind gerade in den Bereichen Offshore-Transport, wo CO₂-Leitungen und Schiffstransport miteinander im Wettbewerb stehen, und bei der Entwicklung von großvolumigen CO₂-Speichern derzeit keine marktbeherrschenden Stellungen absehbar.

Daher erscheint es sinnvoll, die Zulassung integrierter Modelle mit einem **balancierten, möglichst wenig interventionistischen Regulierungsrahmen** zu flankieren, der folgende Elemente umfassen könnte:

- **Vertikale Integration als Investitionsanreiz zulassen:** In der Markthochlaufphase könnte die Zulassung integrierter Geschäftsmodelle („One-Stop-Shop“) ausdrücklich ermöglicht werden, um die Koordination zu erleichtern, Schnittstellenrisiken zu vermeiden und Investitionen durch mögliche Ertragsaussichten anzureizen.
- **Missbrauchsaufsicht statt Vorab-Beschränkung:** Anstelle einer ex-ante Regulierung mit komplexen Vorgaben könnte in der Hochlaufphase eine ex-post Missbrauchsaufsicht etabliert werden. Sie stellt sicher, dass integrierte Akteure eine potenzielle marktbeherrschende Stellung nicht missbrauchen. Diese ist im Rahmen der üblichen wettbewerbsrechtlichen Vorgaben ohnehin gewährleistet.
- **Stufenweise Öffnung des Marktes:** Sobald Infrastruktur und Marktvolumen wachsen und sich bei einzelnen Wertschöpfungsstufen gegebenenfalls Engpässe aufgrund von mangelndem Wettbewerb oder Zugangshürden ergeben, die den weiteren Hochlauf begrenzen, könnte eine graduelle Öffnung erfolgen:
 - Phase 1: Zulassung integrierter Modelle ohne verpflichtenden Zugang für Dritte mit einem garantierten „Investitionsschutz“ für Neuinvestitionen (ähnliches ist in §28a EnWG auch bei Gasnetzen auf Antrag möglich);
 - Phase 2: Im Bereich Onshore-Transport Einführung von diskriminierungsfreiem Netzzugang für Dritte (zunächst verhandelt, später unter Umständen reguliert), flankiert durch Accounting-Entflechtung, um Transparenz zu schaffen und Wettbewerbern Zugang zu ermöglichen;
 - Phase 3: Prüfung weitergehender Öffnungsschritte (z.B. funktionale oder rechtliche Entflechtung), wenn sich langfristig stabile Marktstrukturen etabliert haben.

4.4 Baustein 4: Erste CCS-Cluster fokussiert entwickeln und an internationale CO₂-Korridore anbinden

Neben der Rolle des Staates als koordinierendem Akteur, der wesentliche Risiken übernimmt, zeigen internationale Erfahrungen, dass die Bündelung von Emittenten in Clustern ein zentraler Treiber für den wirtschaftlichen Hochlauf von CCS sein kann. Auf diese Weise lassen sich ausreichende CO₂-Mengen generieren, um Transport- und Speicherinfrastrukturen auszulasten und die Kosten zu senken. CCS-Cluster sind nicht notwendigerweise regional begrenzt, aber sie decken die gesamte CCS-Wertschöpfungskette ab und ermöglichen so die gemeinsame Nutzung von Abscheide-, Sammel-, Transport- und Speicherinfrastrukturen, wodurch die Kosten für die einzelnen Nutzer gerade in den frühen Phasen des Markthochlaufs erheblich gesenkt werden können. Darüber hinaus kann eine geografische Nähe – etwa in Industrieparks oder Hafenregionen – die Koordination zwischen den Akteuren und damit einen simultanen Aufbau der verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette erleichtern. Voraussetzung für den Aufbau effizienter Cluster ist die **sektorübergreifende Zulässigkeit und Förderfähigkeit von CCS**. Im Gegensatz zu diesem Cluster-Fokus steht der bislang in Deutschland verfolgte Branchenansatz. Dieser riskiert, dass potenzielle CO₂-Abscheider bundesweit verteilt sind – ohne eine realistische Perspektive auf den Anschluss an eine CO₂-Transport- und Speicherinfrastruktur.

Attraktive CCS-Cluster sollten entsprechend **frühzeitig identifiziert und planerisch gesichert** werden. Bestehende industrielle Zentren entlang der Nordseeküste, des Rheinlands und Süddeutschlands scheinen hierfür als Ausgangspunkt geeignet.¹³ Für die Investitionsentscheidung ist insbesondere die Einbindung von großen Emittenten als **langfristig gesicherten Ankerkunden** wichtig, da so die für den wirtschaftlichen Betrieb erforderliche Mindestauslastung der Infrastruktur sichergestellt werden kann. Ein besonderer Impuls für die Etablierung erster Pionier-Cluster könnte gesetzt werden, indem die für den Aufbau von CCS-Wertschöpfungsketten erforderlichen **Fördermittel gezielt auf die Finanzierung bestimmter Cluster ausgerichtet** würde. Dies könnte z.B. beinhalten:

- Auswahl einer begrenzten Anzahl an CCS-Clustern unter Berücksichtigung von Kriterien wie z.B. dem Beitrag zur CO₂-Reduktion, den erwarteten Projektkosten und der Wirtschaftlichkeit, dem Planungsstand und der erwarteten Realisierungsdauer, dem Innovationsgrad und dem Beitrag des Projekts zur regionalen Wertschöpfung;
- Öffentliche Co-Finanzierung der Infrastrukturinvestitionen sowie der laufenden Betriebskosten in den ausgewählten Clustern durch Kapitalkostenzuschüsse und öffentliche Kredite sowie staatliche Absicherung von kritischen Risiken (siehe Baustein 5 für eine detailliertere Beschreibung). Die Projektauswahl und die Vergabe der Fördermittel könnte über die zentrale CCS-Koordinierungsstelle (siehe Baustein 2) erfolgen.

¹³ Es befinden sich bereits eine Reihe von Projekten in der Planungsphase, die für die gezielte Entwicklung von ersten Clustern in Frage kämen, z.B. das Projekt CO₂ Highway Europe inkl. seiner geplanten Anbindung über Belgien an das Ruhrgebiet, der Delta-Rhine Korridor, der CO₂ Hub Wilhelmshaven und das Cluster Elbmündung (OGE, 2025).

Darüber hinaus erscheint es für Deutschland angesichts der potenziell hohen, für die Anwendung von CCS in Frage kommenden CO₂-Volumina bei gleichzeitig begrenzten Speicherkapazitäten sinnvoll, frühzeitig die Anbindung an **grenzüberschreitende Transportwege zu CO₂-Speichern im Nordseeraum** zu realisieren. Dies ist ein Unterschied zu den analysierten internationalen Fallstudien, bei denen erste CCS-Projekte häufig innerhalb der Grenzen der jeweiligen Länder realisiert wurden. Deutschland verfügt zwar potenziell über geeignete Speicherstandorte, allerdings befinden sich derzeit keine konkreten Speicherprojekte auf deutschem Hoheitsgebiet (Onshore oder Offshore) in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Dahingegen befinden sich etwa in Norwegen, Dänemark, Großbritannien oder den Niederlanden großvolumige CO₂-Speicher bereits in der Entwicklung und sind teilweise explizit darauf ausgelegt, mittelfristig auch CO₂ aus internationalen Quellen einzuspeichern. Selbst wenn sich Deutschland kurzfristig zu der Entwicklung nationaler Onshore-Speicherung¹⁴ bekennen würde, würde es absehbar noch einige Jahre dauern, bis entsprechende Speicherkapazitäten tatsächlich verfügbar wären. Für den Aufbau internationaler Transportkorridore bieten sich verschiedene Modelle an:

- Zentrale, **Pipeline-basierte CO₂-Korridore**, die nationale Cluster mit internationalen CO₂-Speicherstätten verbinden;
- In der Anlaufphase mit noch begrenzten CO₂-Volumina können **alternative Transportmodi, z.B. per Zug oder Schiff** eine zügige Anbindung erster Cluster ermöglichen;
- **Hybridmodelle** mit Pipeline- und Schiffsverbindungen.

Damit CCS-Projekte in Deutschland an internationale Transportkorridore und Speicher angeschlossen werden können, wurden in Deutschland bereits erste wichtige Schritte angestoßen. So hat das Bundeskabinett die Ratifizierung und Umsetzung der Änderungen des London Protokolls beschlossen und damit die rechtlichen Grundlagen für den grenzüberschreitenden Transport von CO₂ auf den Weg gebracht. Daran könnten sich folgende Schritte anschließen:

- Abschluss **bilateraler internationaler Abkommen** mit potenziellen Speicherländern wie den Niederlanden, Dänemark, Norwegen und dem Vereinigten Königreich sowie mit potenziellen Transitländern wie Belgien zur rechtlichen und technischen Absicherung grenzüberschreitender CO₂-Transporte und CO₂-Einspeicherungen;
- **Anerkennung von internationalen CO₂-Speicherzertifikaten**, auch aus Ländern wie dem Vereinigten Königreich, die nicht dem Europäischen Emissionshandelssystem (EU-ETS) angeschlossen sind;
- **Prüfung der Helsinki-Konvention** hinsichtlich der rechtlichen Zulässigkeit von CCS-Aktivitäten im Bereich der Ostsee.¹⁵

¹⁴ Die Realisierung von nationalen Onshore-CO₂-Speichern ist grundsätzlich möglich, wenn die jeweiligen Bundesländer von der im KSpTG vorgesehenen Opt-In Regel Gebrauch machen. Die Onshore-Speicherung von CO₂ hat in der Regel Kostenvorteile gegenüber der Offshore Speicherung, erfordert jedoch voraussichtlich mehr Akzeptanzarbeit.

¹⁵ Die Helsinki Konvention schützt die Ostsee seit 1980 vor Schäden durch Entsorgung von Substanzen jeglicher Art. CO₂-Speicherung unter dem Meeresboden ist daher in der Ostsee nicht gestattet. Die zuständige Umweltbehörde hat kürzlich eine rechtliche Prüfung in Auftrag gegeben, um eine Position zu diesem Umstand zu entwickeln (HELCOM, 2025).

4.5 Baustein 5: Schließen anfänglicher Finanzierungslücken durch zielgerichtete Förderung und Instrumente zur Risikoabsicherung

Der Aufbau eines CCS-Marktes erfordert erhebliche Investitionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Neben hohen Anfangsinvestitionen fallen auch signifikante laufende Betriebskosten an. Grundsätzlich sollten diese Kosten durch die CO₂-Emittenten getragen werden können. Diesen stehen – je nach Sektorzugehörigkeit und Ursprung des CO₂ – unterschiedliche Erlöspotenziale zur Verfügung, die den Einsatz von CCS kommerziell amortisieren können:

- Zertifikatspreise in den im EU-Emissionshandel regulierten Sektoren;
- Ggf. freiwillige Zahlungsbereitschaft von Endkunden für klimafreundliche Produkte;
- Zusätzliche Erlöspotenziale über den im EU-Emissionshandel vorherrschenden CO₂-Preis hinaus (z. B. durch die Generierung von Negativemissionen).

Unter den derzeitigen Marktbedingungen, sowohl im EU-ETS als auch in freiwilligen Märkten, reichen die erzielbaren Erlöse jedoch nicht aus, um die Gesamtkosten von CCS vollständig zu decken. In Abschnitt 2.2 haben wir bereits mögliche Gründe aufgeführt, wie z. B. First-Mover-Nachteile oder nicht ausreichend hohe CO₂-Preise aufgrund von langfristigen politischen Unsicherheiten. Es besteht daher eine Finanzierungslücke, die durch geeignete wirtschaftliche Modelle und Förderinstrumente geschlossen werden müsste, wenn ein kurzfristiger Hochlauf des CCS-Marktes sichergestellt werden soll.

Die in Kapitel 3 betrachteten internationalen Pionierprojekte zeigen, dass staatliche Unterstützung in Form von Fördermitteln oder Absicherungsinstrumenten ein geeignetes Mittel sein kann, um Investitionen anzustoßen und Lernprozesse zu ermöglichen. Bei der Definition staatlicher Unterstützungsmaßnahmen sollte jedoch zwischen den Anforderungen von Projekten in unterschiedlichen Marktphasen unterschieden werden, um eine zielorientierte und möglichst kosteneffiziente Förderung zu ermöglichen.

Entsprechend unterscheiden wir im Folgenden die Förder- und Absicherungsinstrumente in den Bausteinen 5a (Investitionsförderung zur Anschubfinanzierung), 5b (langfristiger Finanzierungsrahmen) und 5c (Absicherungsinstrumente für spezifische Auslastungsrisiken langfristiger Infrastrukturen).

Baustein 5a: Investitionsförderung zur Anschubfinanzierung

Eine **Förderung der Kapitalkosten (CAPEX)** von First-Mover-Projekten zielt darauf ab, die von privatwirtschaftlichen Akteuren aufzubringenden Investitionsmittel für den Aufbau von Abscheidungsanlagen sowie Transport- und Speicherinfrastruktur zu reduzieren. Sie senkt Investitionsrisiken in der Anlaufphase und erleichtert die Realisierung von Projekten durch eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen CO₂-Vermeidungsoptionen.

Ökonomisch lässt sich eine solche Förderung vor allem mit First-Mover-Nachteilen begründen: die Etablierung neuer Technologien und Geschäftsmodelle ist mit besonderen Hürden verbunden, während Folgeprojekte von den dann generierten Erfahrungen profitieren können. In einem solchen Fall kann eine Sozialisierung der Pionier-Nachteile durch entsprechende Förderung den Hochlauf beschleunigen. Drei Arten von Instrumenten stehen dafür zur Verfügung und werden in internationalen Pionierprojekten – einzeln oder kombiniert – eingesetzt:

- **Direkte Investitionszuschüsse**, die über wettbewerbliche Ausschreibungen vergeben werden können;
- **Staatliche geförderte Kredite**, beispielsweise über die KfW;
- **Steuerliche Anreize** oder beschleunigte Abschreibungen, wie sie etwa im Net-Zero Industry Act (EU) vorgesehen sind.

Alle drei Instrumente eignen sich prinzipiell, um Investitionen in CCS-Infrastruktur zu fördern. Bei direkten CAPEX-Zuschüssen kann die Förderung zielgerichtet gesteuert werden und ist kosteneffizient, insbesondere wenn sie über Ausschreibungen vergeben werden. Gleichzeitig sind steuerliche Anreize zwar administrativ einfach und effektiv, die Vergabe der Förderung dafür aber weniger transparent und wettbewerblich. Für eine zielgerichtete und zeitlich begrenzte Förderung im CCS-Markthochlauf empfiehlt sich daher eine Vergabe von CAPEX-Zuschüssen, ggf. kombiniert mit KfW-Krediten oder steuerlichen Anreizen und Abschreibungsmöglichkeiten für den privaten Anteil der Investitionen. Zusätzlich können weitere Instrumente zur Deckung der Betriebskosten (Baustein 5b) und Risikominderung (Baustein 5c) eingesetzt werden.

Baustein 5b: Etablierung eines laufenden marktlichen Finanzierungsrahmens

Bereits in der Anlaufphase – und auch darüber hinaus – ist ein marktbasierter Finanzierungsrahmen erforderlich, der den Betrieb und die Skalierung von CCS wirtschaftlich tragfähig macht. Internationale Erfahrungen zeigen: Solange eine Finanzierungslücke besteht (vgl. Abschnitt 2.2), können für die erfolgreiche kommerzielle Etablierung von CCS-Wertschöpfungsketten zusätzlich zur Investitionsförderung zumindest vorübergehend auch Instrumente zur Unterstützung der laufenden Betriebskosten (OPEX) sinnvoll sein:

- So decken **variable Prämienmodelle** wie Carbon Contracts for Difference (CCfDs) die Differenz zwischen CO₂-Kosten bzw. Marktpreisen und den projektindividuellen Vollkosten ab. Variable Prämien (wie CCfDs) sind ein **zielgerichtetes und effektives Instrument**, um CCS-Projekte wirtschaftlich tragfähig zu machen – insbesondere in Sektoren mit klaren CO₂-Preissignalen. **Wettbewerbliche Ausschreibungen** können Transparenz und Effizienz der Förderung sicherstellen. Sie sind jedoch **administrativ aufwendiger** und daher weniger geeignet für kleinere Akteure.
- Alternativ können zur Deckung der Finanzierungslücke auch die Kosten des CO₂-Austoßes erhöht werden. Insbesondere könnte CCS gezielt gefördert werden, wenn die CO₂-Bepreisung ihre volle Lenkungskraft entfaltet: eine **stärkere CO₂-Bepreisung** schafft unmittelbar bei den Emittenten marktbasierende Anreize zur wirtschaftlichen Anwendung von

CCS, ist aus ökonomischer Sicht **kosteneffizient und erfordert keinen direkten Einsatz staatlicher Fördermittel**. Allerdings ergeben sich hierdurch zusätzliche finanzielle Belastungen der emittierenden Sektoren, wodurch sich erhebliche unerwünschte Verteilungseffekte ergeben können.

Für den CCS-Markthochlauf empfiehlt es sich daher, zunächst über variable Prämien wie CCfDs kurzfristig gezielte Investitionsanreize setzen. Langfristig sollten sich CCS-Projekte im Rahmen einer übergreifenden CO₂-Bepreisung im Wettbewerb mit anderen Dekarbonisierungsalternativen ohne Förderung behaupten können. Ein langfristiger Übergang zu einer marktgetriebenen Preissteuerung ermöglicht es zudem, die direkte staatliche Förderung perspektivisch zurückzufahren und CCS dauerhaft in marktwirtschaftliche Anreizstrukturen zu integrieren.

Baustein 5c: Absicherungsinstrumente für spezifische Auslastungsrisiken langfristiger Infrastrukturen

Darüber hinaus zielen **Instrumente zur Risikominderung** insbesondere auf die Absicherung von Volumenrisiken bei Transport- und Speicherinfrastrukturen. Diese Risiken entstehen, wenn die Infrastruktur auf eine langfristige Nutzung ausgelegt ist, aber in der Hochlaufphase nur geringe CO₂-Mengen eingespeist werden (vgl. Abschnitt 2.2). Durch staatliche Absicherung können die Investitionsfähigkeit („Bankability“) von Projekten erhöht und Risikoprämien gesenkt werden. Dies erleichtert private Investitionen und reduziert die Kosten für Infrastrukturbetreiber und Nutzer. Konkrete Instrumente, die im Ausland angewandt wurden, sind z.B.:

- **Staatliche Garantien und Bürgschaften** für Investitionen in Transportnetze- und Speicher und zum Abdecken bestimmter Markthochlauftrisiken, die zur Unterauslastung der Infrastruktur führen können sowie für schwer versicherbare Extremrisiken bei CO₂-Transport- und Speicherung;
- **Garantierte Tarife** für die Nutzung der Infrastruktur auf Basis einer staatlich garantierten Rendite auf das investierte Kapital. Regulierte Entgelte können dabei mit weiteren Instrumenten wie beispielsweise einem Amortisationskontoansatz verknüpft werden, um prohibitiv hohe Tarife in der Anlaufphase zu vermeiden.

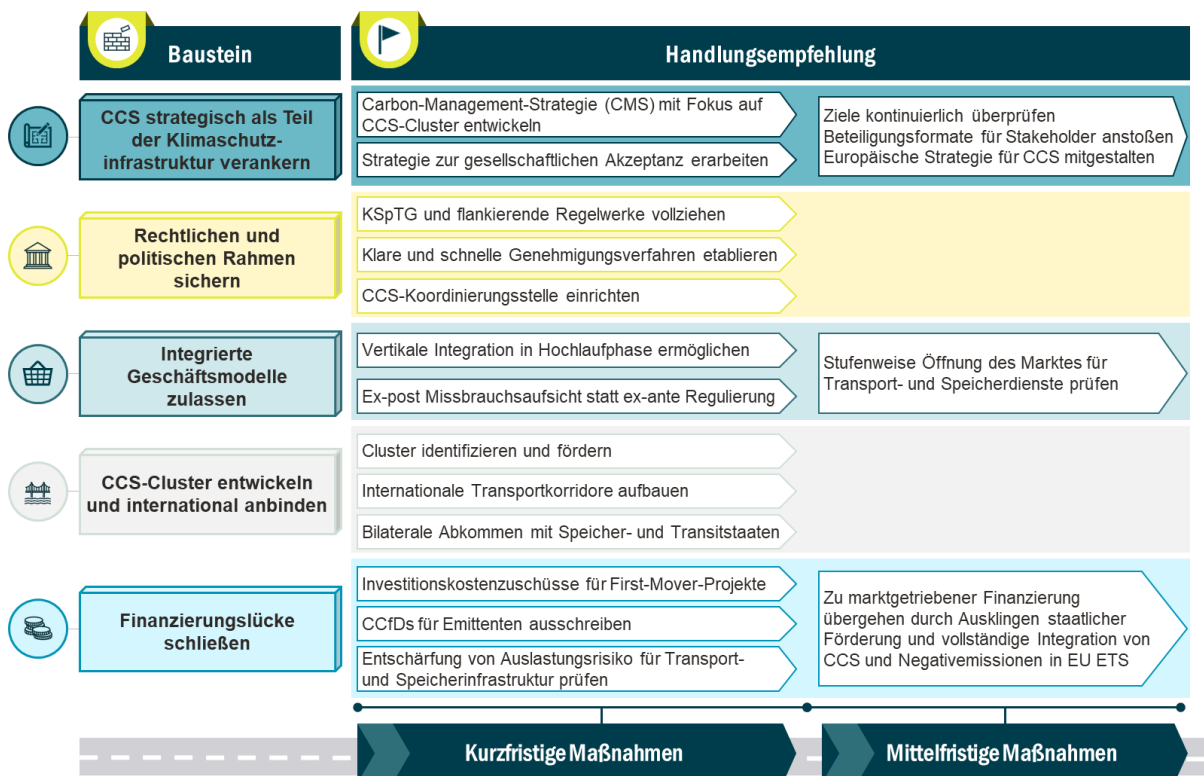
Beide Instrumente sind effektiv in der Risikoreduktion und sichern entsprechend Investitionen in die Transport- und Speicherinfrastruktur ab, um direkt eine ausreichend groß dimensionierte Infrastruktur in Erwartung eines wachsenden Marktes anzureizen. Dabei bieten garantierte Tarife zwar eine umfassende Absicherung, sind aber auch mit deutlich höherem administrativem Aufwand verbunden und bieten nur geringe Anreize für Innovation und Kostensenkung. Sie stellen damit einen erheblichen Eingriff des Staates in das Marktgeschehen dar, ohne dass es dafür in der Markthochlaufphase eine klare Notwendigkeit gibt, aufgrund von ausreichendem Wettbewerb um die Infrastrukturen. Daher bieten sich eher gezielte staatliche Risikoübernahmen an, die die initialen Volumen- und Auslastungsrisiken in der Hochlaufphase adressieren und gleichzeitig die Marktkräfte weitgehend erhalten können.

5 Fazit und Handlungsempfehlungen

CCS ist in vielen industriellen Kernsektoren absehbar ein unverzichtbarer Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität und bietet auch in vielen anderen Sektoren das Potenzial, die Klimaziele günstiger bzw. schneller zu erreichen. Die Analyse internationaler Pionierprojekte zeigt jedoch: Ein erfolgreicher Markthochlauf erfordert ein koordiniertes Zusammenspiel aus strategischer Verankerung, regulatorischer Klarheit, gezielter Förderung und funktionierenden Geschäftsmodellen entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Damit Investitionen in den Aufbau von CCS-Wertschöpfungsketten in Deutschland erfolgen, müssen in kurzer Zeit die Voraussetzungen für erste CCS-Projekte geschaffen und gleichzeitig die Grundlagen für einen langfristig tragfähigen Markt gelegt werden. Abbildung 7 fasst die Handlungsempfehlungen für Deutschland zusammen. Die Handlungsempfehlungen sind entlang der Bausteine strukturiert und adressieren die zentralen Hebel für den CCS-Hochlauf. Wir unterscheiden dabei zwischen Maßnahmen mit **kurzfristigem Handlungsbedarf (bis 2030)** und Maßnahmen, die in der **mittleren Frist (nach 2030)** relevant werden.

Abbildung 7 Handlungsempfehlungen für einen erfolgreichen CCS-Hochlauf in Deutschland



Quelle: Frontier Economics

Zusammenfassend gilt: Der CCS-Hochlauf in Deutschland kann einen signifikanten Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele und zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie leisten. Allerdings erfordert der kurzfristige Hochlauf eine rasche Weichenstellung – die bereits beschlossenen und auf den Weg gebrachten Gesetze versprechen, hierfür einen wichtigen ersten Baustein zu liefern. Die internationalen Projekte zeigen, dass mit einem koordinierten, auf erste CCS-Cluster zugeschnittenen Maßnahmenpaket, das strategische, regulatorische, finanzielle und gesellschaftliche Aspekte verbindet, CCS als wichtiges Element innerhalb eines breiten Technologiemies zur industriellen Dekarbonisierung erfolgreich etabliert werden kann.

Anhang A : Projektsteckbriefe

East Coast Cluster



Teesside und Humber

East Coast Cluster soll 50% der Emissionen aus den größten Industrieclustern in GB erfassen

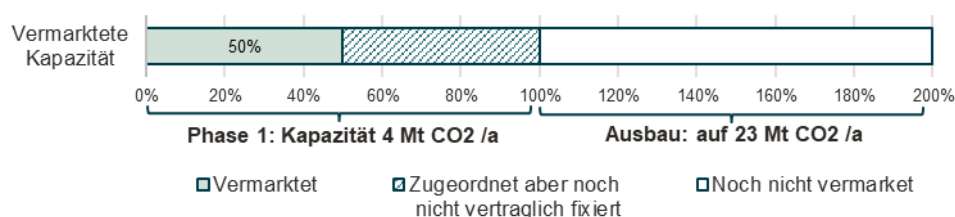
Geplanter Betriebsstart: 2028



Projekt-Profil

	Kapazitäten:	Ab 2028: 4 Mt CO ₂ /a (Teesside Tranche 1) Ausbaupfad bis 2035: bis 23 Mt CO ₂ /a
	Projektstatus:	FID für Transport und Speicher sowie für Power CCUS-Projekt in 10/24, Baubeginn Mitte 2025
	Infrastruktur:	12 km Onshore-Pipeline + 145 km Offshore-Pipeline von Teesside + 103km Offshore-Pipeline von Humber; Offshore-Plattform
	Geografische Nähe:	Industriecluster in Teesside und Humber (Chemie, Stahl, Energie) Einspeicherung im salinen Aquifer <i>Endurance</i> (Potenzial 450 Mio. t)
	Stakeholder:	Transport und Speicher: <i>Northern Endurance Partnership</i> (Joint Venture: bp 45 % / Equinor 45 % / TotalEnergies 10 %); Power CCUS: <i>Net Zero Teesside</i> (Joint Venture: bp 75% / Equinor 25%)
	Gesamtinvestition:	Summe nicht öffentlich bekannt

Verträge und Vermarktung



- Kunden aus Strom, Raffinerien und (blauer) Wasserstoffproduktion

Rolle öffentlicher Akteure

- Politik steht hinter CCS und sieht darin wirtschaftliche Chancen für Erhalt industrieller Regionen
- Regierung hat transparenten aber langen Auswahlprozess für Förderung von Clustern geführt
- Ofgem reguliert Infrastruktur sehr präzise und umfassend bezüglich Tarifen und Zugang
- Low Carbon Contracts for Difference gleichen Lücke zwischen ETS-Preis und CCS-Kosten aus
- Revenue Support Agreement sichert gegen zu geringe Nutzung der Pipelines und Speicher ab
- Supplementary Compensation Agreement übernimmt schwer versicherbare Extremrisiken auch in der Transport-Stufe, wie beispielsweise Leckagen

Greensand



Greensand Future (Phase 2) und Greensand (Gesamtprojekt)



Speicherung von biogenem und fossilem CO₂ bei Esbjerg (DK)

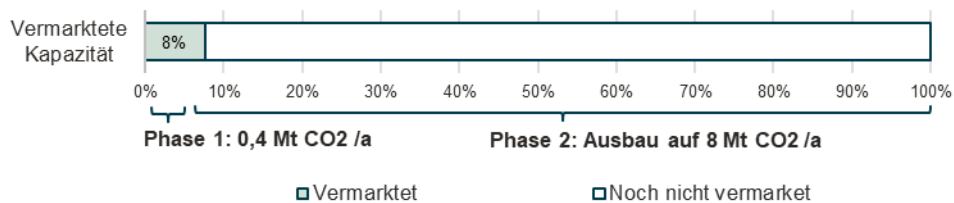
Kommerzieller Betrieb ab 2026



Projekt-Profil

	Kapazitäten:	Zunächst Speicherung von 0,4 Mt biogenem CO ₂ /a ab 2026 geplant Expansion bis 8 Mt CO ₂ /a (biogen u. industriell) um 2030 vorgesehen
	Projektstatus:	Phase 1: Test-Einspeicherung erfolgreich abgeschlossen 03/2023 Phase 2: Kommerzieller Betrieb <i>Greensand Future</i> hat FID 12/2024
	Infrastruktur:	Transit-Terminal mit Übergangsspeicher im Hafen Esbjerg, Zulieferung via Lkw, Schiff für Seetransport, <i>Nini West</i> Plattform als Speicherpunkt
	Geografische Nähe:	Einspeicherung in ausgeschöpfte Öl-Sandgestein-Felder (<i>Nini West</i> , perspektivisch <i>Siri</i>), 200 km von der Küste u. 1.800 m unter Meeresboden
	Stakeholder:	<i>Greensand</i> hat 23 Projekt-Partner, Haupt-Akteure: <i>INEOS</i> (40 %), <i>Harbour Energy/Wintershall Dea</i> (40 %), staatlich <i>Nordsøfonden</i> (20 %)
	Gesamtinvestition:	~56 Mio. EUR = DKK 403 Mio. (Phase 2) + DKK 17 Mio. (Phase 1) Bei Expansion weitere Investitionen erwartet

Verträge und Vermarktung



- Verträge mit Biomethan-Produzenten in Dänemark als Ankerkunden → 0,4 Mt CO₂ /a
- Abkommen über Speicherung mit Öresundkraft Kraft AB (Schweden) ab 2028 → 0,21 Mt CO₂ /a

Rolle öffentlicher Akteure

- Überparteiliche Dialoge und Vereinbarungen sind Grundlage für CCS-Strategie und Regulierung
- Internationale Abkommen für Transport von CO₂ geschlossen mit u.a. BE, DE, NO, NL, SE, FR
- Beteiligung von Öffentlichkeit sowie Wirtschaft via Konsultationen und Empfehlungen durch Cluster
- Investitions-Förderung für Demonstrations-Projekte und Förderung für Forschung (Innovations-Fond)
- Ausschreibungen für Förderung /Tonne abgeschiedenes CO₂, finanziert aus CO₂-Steuer (green tax)
- Staatliches *Nordsøfonden* bei allen CO₂-Speicher-Lizenzen automatisch mit 20% beteiligt

Northern Lights



Northern Lights Joint Venture



Vorreiter-Projekt für Transport und Speicherung industrieller CO₂-Emissionen, bei Øygarden (NO)

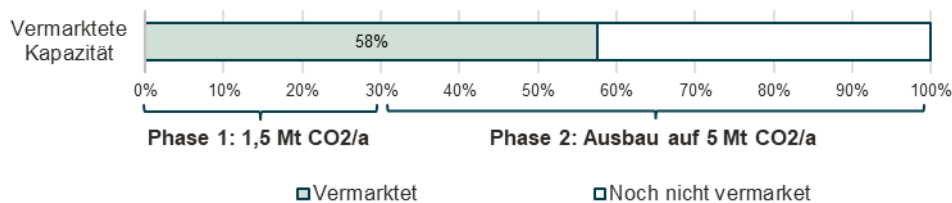
Phase 1 kommerziell in Betrieb



Projekt-Profil

	Kapazitäten:	1,5 Mt CO ₂ /a Transport und Speicher-Kapazität aktiv seit August 2025 ≥ 5 Mt CO ₂ /a insgesamt geplant ab 2028 (Phase 2)
	Projektstatus:	Phase 1 erfolgreich abgeschlossen, Phase 2 hat FID seit 03/2025 Bauphase ab 2026, Inbetriebnahme 2028
	Infrastruktur:	Onshore-Terminal mit 21 Flüssigspeichern (13.600 m ³), Vier Transport-Schiffe, 100 km Offshore-Pipeline zum Speicher mit vier Brunnen
	Geografische Nähe:	Einspeicherung in der Johannsen-Formation, salzwasserhaltige Sandgesteinsschicht vor der West-Küste und 2.600 m unter dem Meeresboden
	Stakeholder:	Northern Lights Joint Venture (Equinor + TotalEnergies + Shell je 1/3) Equinor ist verantwortlich für Entwicklung, Bau und Betrieb
	Gesamtinvestition:	~ 1,25 Mrd. EUR = Gesamt: NOK 14,4 Mrd. = NOK 6,9 Mrd. (Phase 1) + NOK 7,5 Mrd. (Phase 2)

Verträge und Vermarktung



- Zwei Ankerkunden über Longship, drei bestätigte Abkommen mit Yara, Ørsted und Stockholm Exergi

Rolle öffentlicher Akteure

- Norwegen hat gute öffentlich-private Zusammenarbeit basierend auf gegenseitigem Vertrauen
- Verträge für Transport und Speicher frei verhandelbar, aber regulierende Intervention möglich
- Gassnova: Staatliche Institution koordiniert CCS-Wertschöpfungskette, Förderung, Wissenstransfer
- Longship: Staat bezuschusst Investition und Betrieb von insg. drei CCS-Projekten mit ~1.9 Mrd. EUR
- Förderung unabhängig voneinander; Projekte tragen eigenes, aber kein gegenseitiges Risiko
- CAPEX- und OPEX-Förderung für Northern Lights von jeweils 80 % der Gesamtkosten in Phase 1
- EU bezuschusst Northern Lights Phase 2 mit 131 Mio. EUR via EU CEF (etwa 20 % der Kosten)

Porthos



Port of Rotterdam CO₂ Transport Hub and Offshore Storage



Zentrales CO₂-Transport- und Speicherprojekt der Niederlande

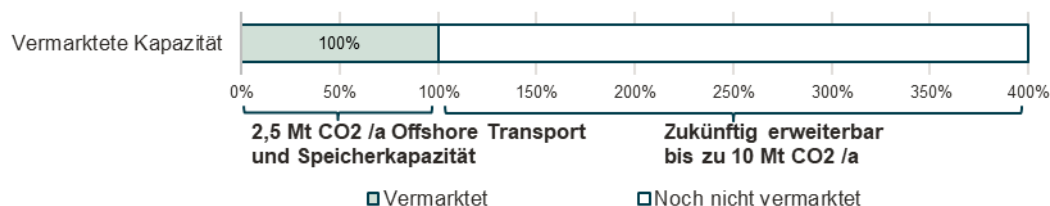
Geplanter Betriebsstart: 2026



Projekt-Profil

	Kapazitäten:	Offshore Transport und Speicher: 2,5 Mt CO ₂ /a, Gesamt 37,6 Mt CO ₂ Onshore Transport und Kompressor: Theoretisch bis 10 Mt CO ₂ /a
	Projektstatus:	FID 10/2023, Bauphase seit 2024, Einspeicherung 2026-2042
	Infrastruktur:	30 km Sammel-Pipeline im Hafen von Rotterdam, Kompressorstation, 22 km Offshore Pipeline, Plattform P18-A als Einspeicherungspunkt
	Geografische Nähe:	Industriecluster Rotterdam Einspeicherung in ausgeförderten Erdgasfeldern unter der Nordsee
	Stakeholder:	Joint Venture: <i>Energie Beheer Nederland, Gasunie, Port of Rotterdam</i>
	Gesamtinvestition:	1,2 Mrd. EUR

Verträge und Vermarktung



- Abkommen seit 2021 mit 4 Industriekunden: *Esso/ExxonMobil, Shell, AirLiquide und AirProducts*

Rolle öffentlicher Akteure

- Unternehmen in öffentlicher Trägerschaft (EBN, Gasunie) leiten das CCS-Pionier-Projekt
- Politischer Rückenwind und Ambitionen für Import und Speicherung von CO₂ aus Deutschland
- ETS-Integration: Genehmigung für Teilnahme am EU-Emissionshandel (03/25)
- Betriebsförderung für Abscheidung: Zuschuss ähnlich CfD abhängig von ETS-Preis via SDE++
- Investitionsförderung: 108,5 Mio. EUR Beihilfe für Planung und Bau über EU CEF
- Risikoabsicherung: Staat gewährte während eines Rechtsstreits 80 % Garantien für Vorinvestitionen
- Staat übernimmt langfristige Garantien für Speicher (20 Jahre nach Betriebsende → 2062)

Pycasso



Pyrenean CO₂ Abatement by Sustainable Sequestration Operation



Cluster und Onshore-Speicherung von industriellem und biogenem CO₂ in französischen Pyrenäen

Zeitplan noch unsicher



Projekt-Profil

	Kapazitäten:	Offiziell angestrebt: 1-3 Mt CO ₂ /a ab 2030 und 5-6 Mt CO ₂ /a ab 2035
	Projektstatus:	Geplanter Speicherort in Lacq aufgrund lokaler Opposition abgesagt; Grund für Opposition vor allem Sorge um seismische Aktivität und mangelnde Beteiligung; 10 weitere Speicherorte unter Prüfung; Zeitplan daher noch nicht gesichert; Offshore-Speicherung als alternatives Szenario bedacht, aktuell aber nicht verfolgt
	Infrastruktur:	Geplante CO ₂ -Pipeline von Bordeaux und Toulouse entlang den Pyrenäen Onshore-Speicherung in ausgedienten Gas- und Ölfeldern
	Geografische Nähe:	Industrie-Hubs Occitanie u. Nouvelle Aquitaine: Zement, Papier, Chemie 70 % des franz. CO ₂ -Speicherpotenzials in dieser Region
	Stakeholder:	Privates Konsortium mit >30 Partnern; Anker-Partner: <i>Teréga</i> (Gasnetzbetrieb) u. <i>Lafarge-Holcim</i> (Zement/Baustoffe), Noch nicht kommerziell
	Gesamtinvestition:	Bisher keine Investitionsentscheidung (FID)

Verträge und Vermarktung

- Bisher keine Transport- und Speicherabkommen, da Projekt noch nicht weit genug fortgeschritten
- Geplant sind Kunden aus französischen Industrie-Hubs, ggf. aus Spanien und Import aus Ausland
- Realisierung des Projekts noch nicht gesichert. Planung und Partnerschaften gehen aber weiter

Rolle öffentlicher Akteure

- CRE (Kommission für Energie-Regulierung) hat erste Empfehlungen zu CCS-Regulierung in Arbeitsgruppe erarbeitet und veröffentlicht. Sprechen sich für flexiblen verhandelten Rahmen aus.
- Auf nationaler Ebene gibt es lediglich einen geplanten Contacts-for-Difference-Mechanismus sowie CAPEX-Förderung über DECARB IND.
- Pycasso hat PCI-Status bekommen und dürfte sich somit auf EU-Förderung (CEF, Innovation Fund) bewerben. Außerdem sind Genehmigungsprozesse für Speicherung und Transport beschleunigt.
- Förderung und Marktdesign in Frankreich ist bisher unzureichend für positiven Business Case.

Quest



Quest CCS

Vollständig integrierte CCS-Kette zur Emissions-Verringerung in der Öl-Produktion in Alberta (CA)

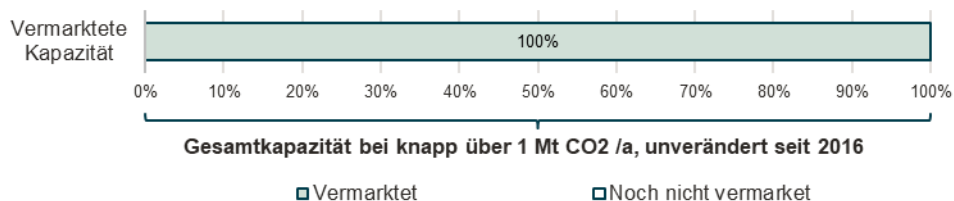
Kommerziell aktiv seit 2015



Projekt-Profil

	Kapazitäten:	1,08 Mt CO ₂ /a Abscheidung und Speicherung
	Projektstatus:	Bereits ~10 Mt CO ₂ seit 2015 erfolgreich abgeschieden und eingespeichert
	Infrastruktur:	Installation zur Abscheidung als Teil der Öl-Aufbereitung in Scotford; Emissionseinsparung ~35 %; Kompressor, 65 km Onshore-Pipeline
	Geografische Nähe:	Speicherschicht: Saliner Aquifer <i>Basal Cambrian Sand</i> in 2.300 m Tiefe Scotford Energie- u. Chemiapark mit Raffinerien, Bitumen-Aufbereitung
	Stakeholder:	Joint Venture <i>Athabasca Oil Sands Project</i> (<i>Canadian Natural Upgrading Ltd.</i> 90 % + <i>Shell</i> 10 %). Betrieb von <i>Quest CCS</i> durch <i>Shell</i>
	Gesamtinvestition:	490 Mio. EUR = ~790 Mio. CAD Vermeidungs-Kosten (Investition & Betrieb) von 97 EUR /t = ~157 CAD

Verträge und Vermarktung



- Vollständig integriertes System mit eigener Anlage im Scotford Energie- und Chemiapark

Rolle öffentlicher Akteure

- Alberta war die erste Jurisdiktion mit etablierter Regulierung und Risikomanagement für CCS
- Lokale Bevölkerung, die von CCS-Projekten betroffen sind, wird aktiv in die Planung einbezogen
- Öffentliche Förderung beträgt bei *Quest* insgesamt etwa 61 % der kumulierten Gesamtkosten
- Alberta investiert insg. 1,8 Mrd CAD in CCS-Projekte und Programme (getätigte & geplante Mittel)
- Alberta Carbon Capture Incentive Program finanziert zukünftig 12 % von CAPEX bei CCS-Projekten
- Kanada hat steuerliche Begünstigungen zwischen 37,5 % und 50 % des CCS-Investitionsvolumens

Anhang B : Quellenverzeichnis

- ACCESS. (9. September 2024). *https://accessnetwork.uk/case-study-h-carbon-capture-and-storage-in-barendrecht-netherlands/?* Abgerufen am 19. November 2025 von ACCESS: <https://accessnetwork.uk/case-study-h-carbon-capture-and-storage-in-barendrecht-netherlands/>
- ADEM. (December 2008). *Carbon Capture and Storage - Quest Funding Agreement and Full Project Proposal*. Abgerufen am 18. November 2025 von Alberta.ca: https://www.alberta.ca/system/files/custom_downloaded_images/carbon-capture-storage-projects-funding-agreement-quest.pdf
- ADEM. (2024). *Quest Carbon Capture and Storage Project, Annual Summary Report*. Alberta Department of Energy and Minerals. Abgerufen am 18. November 2025 von https://open.alberta.ca/dataset/e90a4e6e-2c11-44ee-b198-de244261c585/resource/20fd42f8-6627-44af-82ca-d4af052a040b/download/quest-annual-summary-report-2023-alberta-department-of-energy-and-minerals.pdf?__cf_chl_rt_tk=yt1ctXjtQPcvqgSiDZDYrxqw2lFTNKLZRUIUH
- BMUKN. (21. August 2025). *Referentenentwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Hohe-See-Einbringungsgesetzes*. Abgerufen am 14. November 2025 von Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit: <https://www.bundesumweltministerium.de/gesetz/referentenentwurf-eines-ersten-gesetzes-zur-aenderung-des-hohe-see-einbringungsgesetzes>
- BMWE. (26. Februar 2024). *Eckpunkte der Bundesregierung für eine Carbon-Management-Strategie*. Abgerufen am 14. November 2025 von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-cms.html>
- BMWE a. (15. September 2025). *Klimaneutral werden – wettbewerbsfähig bleiben*. Abgerufen am 14. November 2025 von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Dossier/klimaneutral-werden-wettbewerbsfaehig-bleiben.html>
- BMWE b. (6. October 2025). *BMWE startet vorbereitendes Verfahren für das Gebotsverfahren 2026 der CO₂-Differenzverträge*. Abgerufen am 14. November 2025 von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2025/10/20251006-bmwe-startet-vorbereitendes-verfahren-fuer-das-gebotsverfahren-2026-der-co2-differenzvertr%C3%A4ge.html>
- Bundesregierung. (6. August 2024). *Kabinett beschließt Eckpunkte für Carbon-Management-Strategie*. Abgerufen am 14. November 2025 von Bundesregierung: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv-bundesregierung/carbon-management-strategie-2289146>
- CATF. (2024). *Risk Allocation and Regulation for CO₂ Infrastructure: A UK Case Study*. Clean Air Task Force. Abgerufen am 18. November 2025 von <https://www.catf.us/resource/risk-allocation-regulation-co2-infrastructure/>
- CRE. (2024). *Rapport de la Commission de régulation de l'énergie sur le captage et la chaîne de valeur du dioxyde de carbone*. Commission de Régulation de L'Énergie. Abgerufen am 18. November 2025 von https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Rapports_et_etudes/2024/Rapport_CCUS_CRE.pdf
- Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities. (2024). *Public perceptions on CCS from a Danish perspective*. Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities. Abgerufen am 18. November 2025 von <https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2024/04/Katrine-Thomsen-Public-perceptions-on-CCS-from-a-Danish-perspective.pdf>
- Department of Finance Canada. (20. December 2023). *Deputy Prime Minister welcomes the Canada Growth Fund's first carbon contract for difference*. Abgerufen am 18. November 2025 von Canada.ca: <https://www.canada.ca/en/department-finance/news/2023/12/deputy-prime-minister-welcomes-the-canada-growth-funds-first-carbon-contract-for-difference.html>
- Dept. for Business, Energy & Industrial Strategy. (1. Mai 2021). *Carbon Capture, Usage and Storage*. Abgerufen am 19. November 2025 von Department for Business, Energy & Industrial Strategy: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/983903/ccus-transport-services-business-model-commercial-update.pdf?utm_source=chatgpt.com
- DESNZ a. (2023). *Evaluation of the Track-1 Cluster Sequencing Processes - Research Paper Series Number 2023/007*. Department for Energy Security & Net Zero.
- DESNZ a. (1. Juni 2025). *Full Business Case for ECC Carbon Capture, Usage & Storage*. Abgerufen am 19. November 2025 von DESNZ: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/685bbc5c89ba18761d9760a1/ecc-full-business-case.pdf>

ERFOLGSFAKTOREN FÜR DEN HOCHLAUF VON CCS-WERTSCHÖPFUNGSKETTEN IN DEUTSCHLAND

- DESNZ b. (20. December 2023). *Carbon Capture, Usage and Storage: a vision to establish a competitive market*. Abgerufen am 14. November 2025 von GOV.UK: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6594718a579941000d35a7bf/carbon-capture-usage-and-storage-vision-to-establish-a-competitive-market.pdf>
- DESNZ b. (8. April 2025). *Collection: UK carbon capture, usage and storage (CCUS)*. Abgerufen am 18. November 2025 von Gov.uk: <https://www.gov.uk/government/collections/uk-carbon-capture-usage-and-storage-ccus>
- DESNZ c. (6. August 2025). *Evolution of economic regulation for CO2 storage: call for evidence*. Abgerufen am 14. November 2025 von Gov.UK: <https://www.gov.uk/government/calls-for-evidence/evolution-of-economic-regulation-for-co2-storage/evolution-of-economic-regulation-for-co2-storage-call-for-evidence-accessible-webpage?>
- Deutscher Bundestag a. (11. September 2025). *Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoffdioxid*. Abgerufen am 14. November 2025 von Deutscher Bundestag: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2025/kw37-de-kohlenstoffdioxidspeicherung-1107416>
- Deutscher Bundestag b. (15. January 2025). *Drucksache 20/14506 – Unterrichtung durch die Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes ... Änderung des Artikels 6 des Londoner Protokolls*. Abgerufen am 14. November 2025 von Deutscher Bundestag: <https://dserver.bundestag.de/btd/20/145/2014506.pdf>
- East Coast Cluster. (kein Datum). *East Coast Cluster*. Abgerufen am 29. November 2025 von <https://eastcoastcluster.co.uk/#consultation>
- EC. (2023). *Member State report on Implementation of Directive 2009/31/EC on the Geological Storage of Carbon Dioxide ('CCS Directive') – The Netherlands*. European Commission. Abgerufen am 18. November 2025 von https://ec.europa.eu/assets/clima/ccs/2023/policy_ccs_country_report_2023_netherlands_en.pdf
- EC a. (19. May 2025). *A renewed agenda for European Union – United Kingdom cooperation Common Understanding*. Abgerufen am 18. November 2025 von European Commission: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_25_1267
- EC b. (2025). *Industrial Carbon Management - Legislative framework*. Abgerufen am 18. November 2025 von European Commission: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/industrial-carbon-management/legislative-framework_en
- EC c. (2025). *Projects of Common Interest and Projects of Mutual Interest*. Abgerufen am 18. November 2025 von European Commission: https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/projects-common-interest-and-projects-mutual-interest_en
- Energistyrelsen. (2023). *Agreement on Strengthened Framework Conditions for CCS in Denmark (2023)*. Danish Energy Agency. Abgerufen am 18. November 2025 von <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/political-agreements-and-applicable-legislation>
- Energistyrelsen. (2025). *Political agreements and applicable legislation*. Abgerufen am 18. November 2025 von The Danish Energy Agency: <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/political-agreements-and-applicable-legislation>
- Equinor. (29. Oktober, 14. November 2025). Experten-Interviews zu Greensand, Northern Lights und East Coast Cluster. (Frontier Economics, Interviewer)
- ESA. (2020). *Decision Letter CCS Project (Decision No. 093/20/COL: Case No. 85378)*. EFTA Surveillance Authority (ESA). Abgerufen am 18. November 2025 von <https://www.eftasurv.int/cms/sites/default/files/documents/gopro/COL%20-%20State%20aid%20-%20Norway%20-%20the%20Full-Scale%20CCS%20Project%20-%20Non-conf06.11.202013-50-01.pdf>
- EU. (23. April 2009). *Directive 2009/31/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the geological storage of carbon dioxide*. Abgerufen am 18. November 2025 von EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0031>
- EUDP. (2025). *Project Greensand Phase 2*. Abgerufen am 18. November 2025 von Energy Technology Development and Demonstration Programme: <https://eudp.dk/en/node/16466>
- Gassnova. (2022). *Regulatory Lessons Learned from Longship: The public sector's involvement in Europe's first industrial CCS chain*. Gassnova SF. Abgerufen am 18. November 2025 von <https://gassnova.no/app/uploads/sites/6/2022/07/Regulatory-lessons-learned-from-Longship-FINAL-WEB-1.pdf>
- Generaldirektorat für Unternehmen Frankreich. (18. April 2025). *France 2030 : Éric Lombard et Marc Ferracci relancent 5 appels à projets pour soutenir la decarbonation de l'industrie*. Abgerufen am 18. November 2025 von Gouv.fr: <https://www.entreprises.gouv.fr/espace-presse/france-2030-eric-lombard-et-marc-ferracci-relancent-5-appels-projets-pour-soutenir-la>

ERFOLGSFAKTOREN FÜR DEN HOCHLAUF VON CCS-WERTSCHÖPFUNGSKETTEN IN DEUTSCHLAND

- George, V. (29. October 2024). *Pycasso Project Abandoned: A Setback For France's Carbon Capture Goals*. Abgerufen am 18. November 2025 von Carbon Herald: <https://carbonherald.com/pycasso-project-abandoned-a-setback-for-frances-decarbonization-goals/>
- Government of Alberta. (2025). *Carbon Capture, Utilization and Storage - Development and Innovation*. Abgerufen am 18. November 2025 von Alberta.ca: <https://www.alberta.ca/carbon-capture-utilization-and-storage-development-and-innovation>
- Government of Canada. (2023). *Canada's Carbon Management Strategy*. Abgerufen am 18. November 2025 von Ministry of Natural Resources Canada: <https://natural-resources.canada.ca/energy-sources/carbon-management/canada-s-carbon-management-strategy>
- Greensand Future a. (13. April 2025). *Öresundskraft and INEOS led Project Greensand sign agreement to store 210,000 tonnes of CO₂ per year from Sweden in Denmark*. Abgerufen am 14. November 2025 von Greensand Future: <https://greensandfuture.com/news/oresundskraft-and-ineos-led-project-greensand-sign-agreement-to-store-210-000-ton>
- Greensand Future b. (2025). *Main Page*. Abgerufen am 18. November 2025 von Greensand Future: <https://greensandfuture.com/>
- Harbour Energy. (10. December 2024). *Greensand Future reaches Final Investment Decision*. Abgerufen am 18. November 2025 von Harbort Energy plc: <https://www.harbourenergy.com/news-and-media/greensand-future-reaches-final-investment-decision/>
- HELCOM. (2. September 2025). *Call for tender: legal analysis of CCS in accordance with the Helsinki Convention*. Abgerufen am 20. November 2025 von Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission: <https://helcom.fi/call-for-tender-legal-analysis-of-ccs-in-accordance-with-the-helsinki-convention/>
- IEA. (2023). *Denmark 2023*. Abgerufen am 14. November 2024 von International Energy Agency: <https://www.iea.org/reports/denmark-2023/executive-summary>
- Klima- und Umweltministerium Niederlande. (2025). *Routekaart Koolstofverwijdering - Roadmap Carbon Dioxide Removal*. Ministerie van Klimaat en Groene Groei. Abgerufen am 18. November 2025 von <https://open.overheid.nl/documenten/305d21f7-db49-41dd-8c86-6b61c0e1e89e/file>
- Mega Monheim. (12. August 2024). *Gasunie will CO₂ aus Deutschland*. Abgerufen am 19. November 2025 von Mega Monheim: <https://www.mega-monheim.de/unternehmen/aktuelles/gasunie-will-co2-aus-deutschland>
- Ministerium für den ökologischen Wandel Frankreich. (2024). *État des lieux et perspectives de déploiement du CCUS en France, National CCUS Strategy*. Gouv.fr. Abgerufen am 18. November 2025 von https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/%C3%89tat%20des%20lieux%20et%20perspectives%20CUS_0.pdf
- Ministerium für den ökologischen Wandel Frankreich. (2025). *National Low-Carbon Strategy (SNBC)*. Abgerufen am 18. November 2025 von Gouv.fr: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>
- Netherlands Court of Audit. (28. March 2024). *Carbon storage under the North Sea - on profits under water*. Abgerufen am 18. November 2025 von Netherlands Court of Audit: <https://english.rekenkamer.nl/documents/2024/03/28/carbon-storage-under-the-north-sea>
- Netherlands Enterprise Agency. (15. September 2023). *Stimulation of sustainable energy production and climate transition (SDE++)*. Abgerufen am 18. November 2025 von Netherlands Enterprise Agency: <https://english.rvo.nl/subsidies-financiering/sde>
- Nordsoefonden. (2024). *Annual Report 2024*. Nordsoefonden. Abgerufen am 18. November 2025 von <https://eng.nordsoefonden.dk/>
- Norsk Petroleum. (2025). *Carbon Capture and Storage*. Abgerufen am 18. November 2025 von Norwegian Offshore Directorate: <https://www.norskpetroleum.no/en/environment-and-technology/carbon-capture-and-storage/>
- Northern Lights. (2025). *Main Page*. Abgerufen am 18. November 2025 von Northern Lights Joint Venture: <https://norlights.com/>
- Ofgem. (kein Datum). *Carbon Capture and Storage*. Von Ofgem: <https://www.ofgem.gov.uk/energy-regulation/low-carbon/carbon-capture-and-storage?> abgerufen
- OGCI. (2025). *Northern Lights/Longship – The CCUS Hub*. Abgerufen am 14. November 2025 von The CCUS Hub: https://ccushub.ogci.com/focus_hubs/northern-lights/

- OGE. (2025). *Unser CO₂-Transportnetz startet*. Abgerufen am 14. November 2025 von Open Grid Europe: https://vgp.oge.net/de/co2/co2-netz?utm_source=chatgpt.com
- Oxford Institute for Energy Studies. (2024). *Norwegian CCS: What have we learned?* The Oxford Institute for Energy Studies. Abgerufen am 18. November 2025 von https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2024/07/Insight-154-Norwegian-CCS-what-have-we-learned_.pdf
- Port of Rotterdam Authority. (5. Dezember 2024). *Wasserstoff- und CO₂-Scope für den Delta Rhine Corridor unterstreicht Dringlichkeit von mehr Nachhaltigkeit in der Industrie*. Abgerufen am 14. November 2025 von Port of Rotterdam: <https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/wasserstoff-und-co2-scope-fuer-den-delta-rhine-corridor>
- Porthos. (2023). *Main Page: CO₂ reduction through storage under the North Sea*. Abgerufen am 18. November 2025 von Porthos: <https://www.porthosco2.nl/en/>
- Pycasso. (2025). *Main Page*. Abgerufen am 18. November 2025 von Pycasso Project: <https://www.pycasso-project.eu/en/home/>
- Shell Canada. (19. September 2013). *Quest CCS Project*. Abgerufen am 18. November 2025 von IEA GHG: https://publications.ieaghg.org/docs/General_Docs/PCCC2/Secured%20pdfs/7_2_PCCC2%20Conf%20Quest%20Presentation%20Sept%2019,%202013.pdf
- UCL. (2014). *UK citizen views on Carbon Capture and Storage: UCL Policy Briefing – November 2014*. University College London - Public Policy. Abgerufen am 18. November 2025 von https://www.ucl.ac.uk/public-policy/sites/public_policy_redesign/files/migrated-files/views_on_carbon_capture_briefing.pdf
- University of Leeds. (2022). *Public acceptance of CCS and hydrogen, Report of research findings*. University of Leeds, School of Earth and Environment. Abgerufen am 18. November 2025 von https://humberindustrialclusterplan.org/files/Public_acceptance_of_CCS_and_hydrogen_report_FINAL_311022.pdf
- Walton, M. (2024). *Summary of CCS Incentives in Canada*. International CCS Knowledge Centre. Abgerufen am 18. November 2025 von <https://cmcghg.com/wp-content/uploads/2024/07/Session-2-Presentations.pdf>

Frontier Economics Ltd ist Teil des Frontier Economics Netzwerks, welches aus zwei unabhängigen Firmen in Europa (Frontier Economics Ltd) und Australien (Frontier Economics Pty Ltd) besteht. Beide Firmen sind in unabhängigem Besitz und Management, und rechtliche Verpflichtungen einer Firma erlegen keine Verpflichtungen auf die andere Firma des Netzwerks. Alle im hier vorliegenden Dokument geäußerten Meinungen sind die Meinungen von Frontier Economics Ltd.