

CapTransCO2

„Machbarkeit einer klimaneutralen mitteldeutschen Industrie durch den Aufbau einer vernetzten CO₂-Transportinfrastruktur für CCU/CCS“

„Machbarkeit einer klimaneutralen mitteldeutschen Industrie durch den Aufbau einer vernetzten CO₂-Transportinfrastruktur für CCU/CCS“



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projektpartner

LEUNA

POX &
Raffinerie



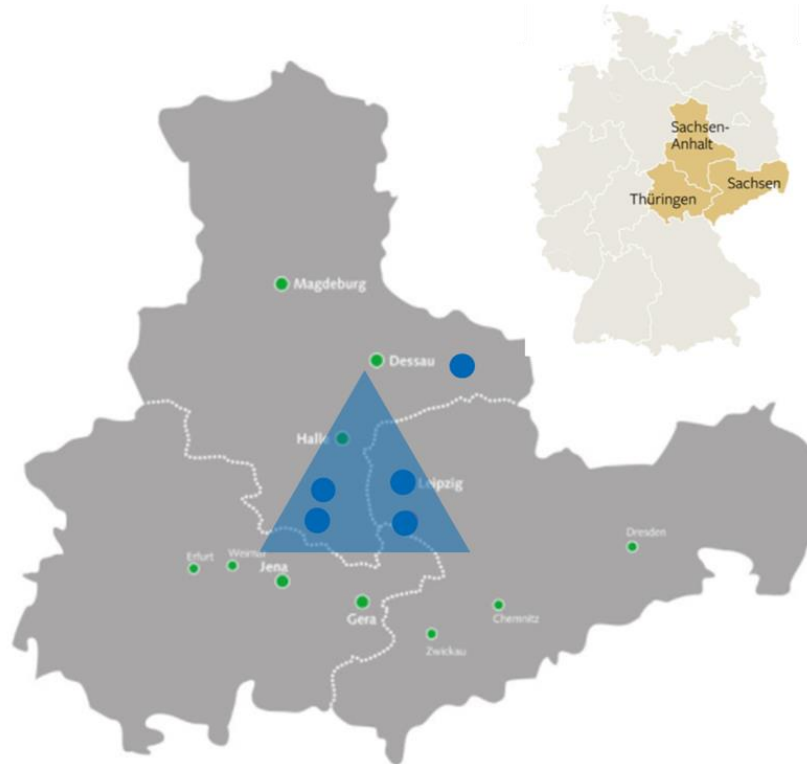
LEIPZIG

Gastransport



LEIPZIG

Wissenschaftliche
Begleitung



Mitteldeutsches Chemiedreieck

Assoziierte Partner

LUTHERSTADT WITTENBERG

Ammoniak
Harnstoffe



KARSDORF

Zement



BÖHLEN

Kunststoffe und
Spezialchemikalien



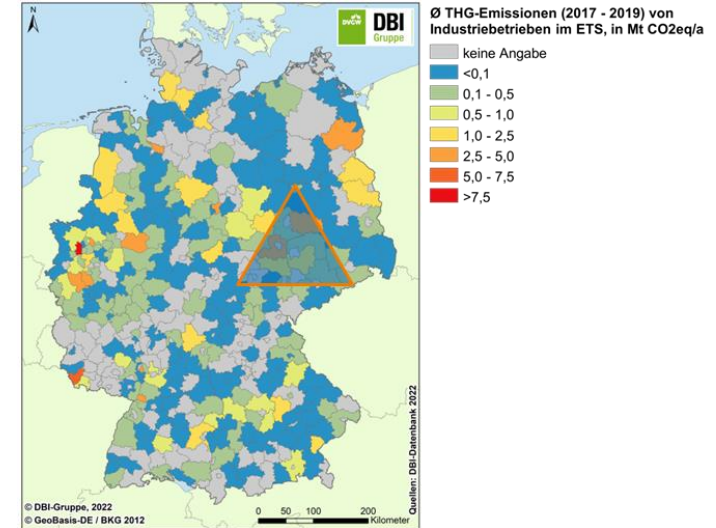
LEIPZIG

Gastransport



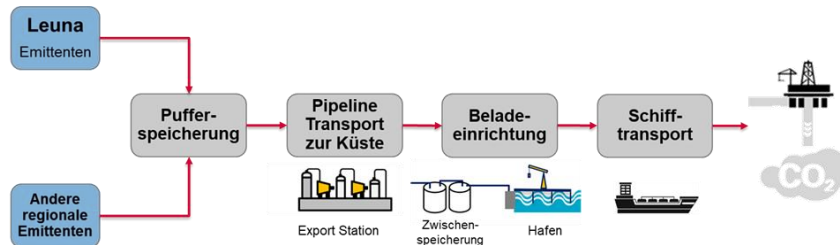
CapTransCO2 - Projektziele

- Machbarkeitsstudie zur Schaffung einer zukunftsfähigen CO₂-Infrastruktur für CCU/CCS
- Betrachtung der Emittenten der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen
- Nutzungspotentiale für CCU
- Transportoptionen
 - Schiff, Bahn und Pipeline
 - Zwischenspeicherung
- Kostenbetrachtung
- Darstellung der Ausbaustufen bis 2030 für zukünftige Entwicklungen



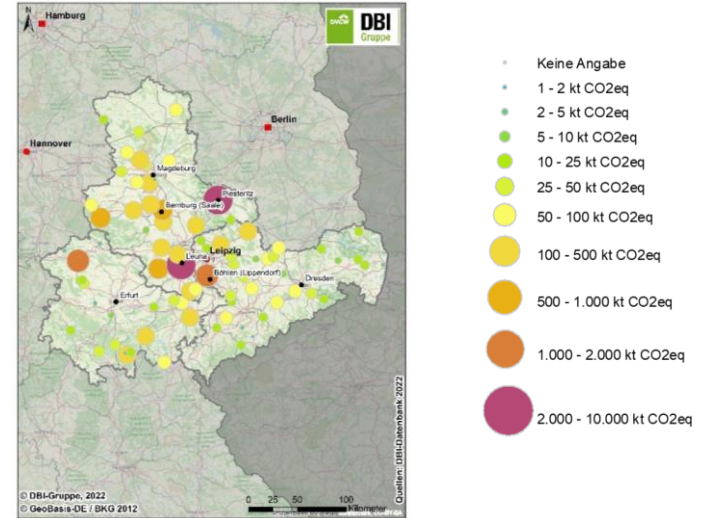
¹ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>

² VET-Bericht 2019, DEHSt, S.69 f. (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen)



CapTransCO2 - Emissionen

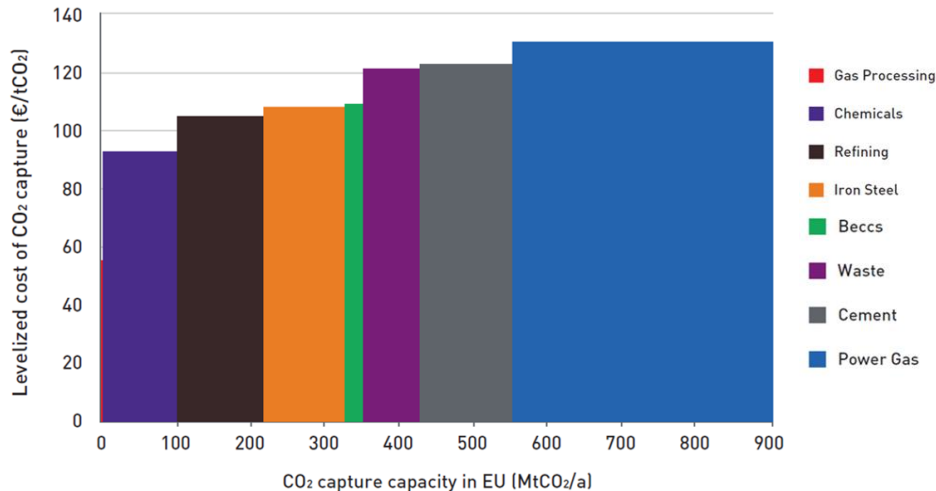
- Quantifizierung und regionale Verortung industrieller CO₂-Emissionen
- Basis öffentlich zugängliche ETS-Daten für Gesamtdeutschland
- Anreicherung der Datenbasis um Informationen zu Abgaszusammensetzung und unterjährigem Verlauf sowie zukünftigen CO₂-Reduktionsmaßnahmen anhand individueller Emittentenbefragung
- 137 Anlagen im Untersuchungsgebiet für rund 12 % der gesamtdeutschen THG-Emissionen verantwortlich
- Gegenwärtig der überwiegende Anteil (~3/4) des CO₂-Angebots industriellen Ursprungs



Typ	Status quo (2019) kt /a	2030 kt /a	Bemerkung
Industrie	6.105	2.400	Befragungsdaten mit positiver Aussage zu CCS 2030
Müllverbrennungsanlagen (MVA)	1.140	k.A. (1.140)	keine Rückmeldung bzgl. 2030 anhand Befragung
Biogen (BGA, BGEA)	780	1.451	modellierte Werte anhand BGEA, geplante/progn. Anlagen bis 2030
Summe	8.025	4.991	

CO₂-Abscheidung

- Großtechnische CO₂-Abtrennungs- und Konditionierungstechnologien
- Direct Air Capture ist signifikant teurer (600 – 1.000 USD/t)
- Auswahlkriterien: Volumenstrom und CO₂-Konzentration sowie CO₂-Reinheit (Transporterfordernisse – C260)



Kriterium	Absorption	Membranrennung
Trennprinzip	Lösen in einer Waschflüssigkeit	Selective Permeation einer Membran
Betriebsmittel	Waschflüssigkeiten	Membrane
Betriebsbedingungen	p ↑; T ↓	p ↑; T ↓
CO ₂ -Reinheiten	> 99,5 % (chem.) < 98,0 % (phys.)	< 98 %
Technology Readiness Level (TRL)	7 bis 9	4 bis 5
Spez. Energiebedarf [kWh/m ³ CO ₂]	elektr.: 0,05 – 0,5	elektr.: 0,1 – 0,6
	therm.: 0,1 – 1,4	therm.: 0,2 – 1,2
Entwicklungspotenzial	Ausgereift	Membranen
Vorteile	Skalierbar	Modularer Aufbau, flexibel, Skalierbar
Nachteile	Temperaturstabilität (durch thermische Regeneration)	Fehlender Nachweis der Langzeitstabilität der Membranen

Quelle: World Economic Forum, <https://www.weforum.org/agenda/2023/08/how-to-get-direct-air-capture-under-150-per-ton-to-meet-net-zero-goals/>
 Quelle: iogpeurope, Nov. 2023

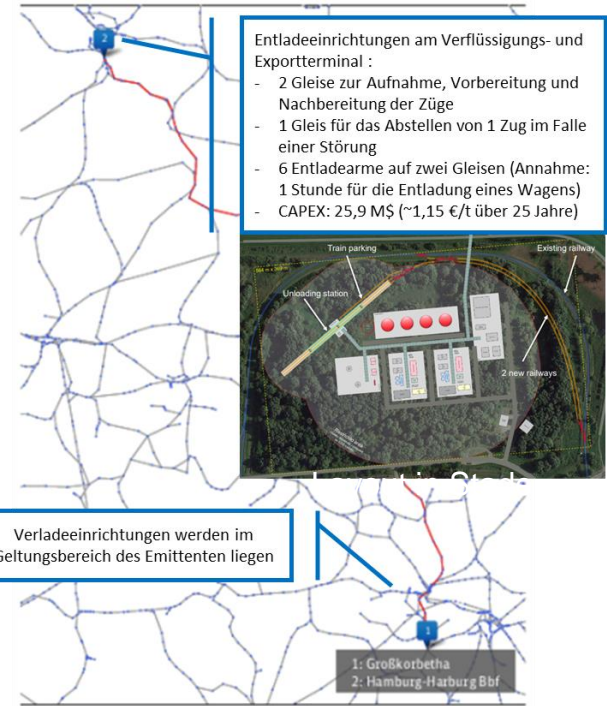
CO₂-Transport Binnenschiff



- Studie wurde im Unterauftrag von Hamburg Port Consulting durchgeführt
- LCO₂-Barge (Binnenschiffe für flüssiges CO₂) gibt es aktuell nicht
- Lila Route (Magdeburg, Hamburg) am besten geeignet (kurze Entfernung und geringe Tiefenbeschränkung)
- Konsultation Binnenschiffsbetreiber (GEFO, HGK)
 - Schiffe von maximal 2.300 t
 - 15-16 bar und -30 °C
 - CO₂-Emissionen: 55-60 g/(t*km)
 - Flotte von etwa 30 Schiffen für 5 Mio. t CO₂/a
 - 5-6 Schiffe auf Mittelland- und Elbe-Seitenkanal machbar
- **Nur 1 Mio. t/a möglich + 100 km Pipeline oder Zugtransport**

CO₂-Transport Bahn

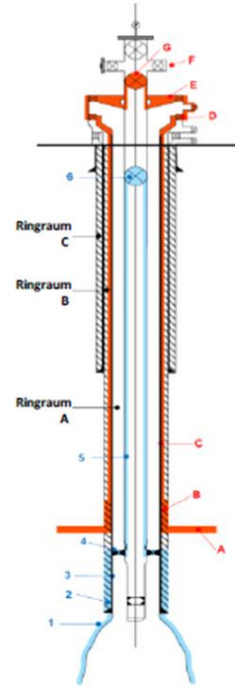
- Studie unter Mitwirkung des VDZ (Zementhersteller) und der VTG (Hersteller Eisenbahnwaggons)
- Begrenzte Kapazität des deutschen Schienennetzes
- Etwa 50 Waggons für CO₂ gibt es in Deutschland (-40 °C, 16 bar, isoliert aber nicht aktiv gekühlt)
- Annahmen / Werte
 - Strecke Leuna (Großkorbetha) Hamburg: 347 km
 - 58 t / Waggon – 24 Waggons / Zug = 1.392 t / Zug
 - 6 Tage für Fahrt, Ladung (Taktzeiten, Nachtfahrt)
- Ergebnisse:
 - Maximal 14 Züge/Woche = **0,9 Mio. t CO₂/a**
 - Emissionen: 5,7 kg CO₂ / t transportiertes CO₂ + erste/letzte Meile



→ **Kapazität begrenzt & zusätzliche CO₂ Emissionen**

CO₂-Pipelinetransport und Zwischenspeicherung

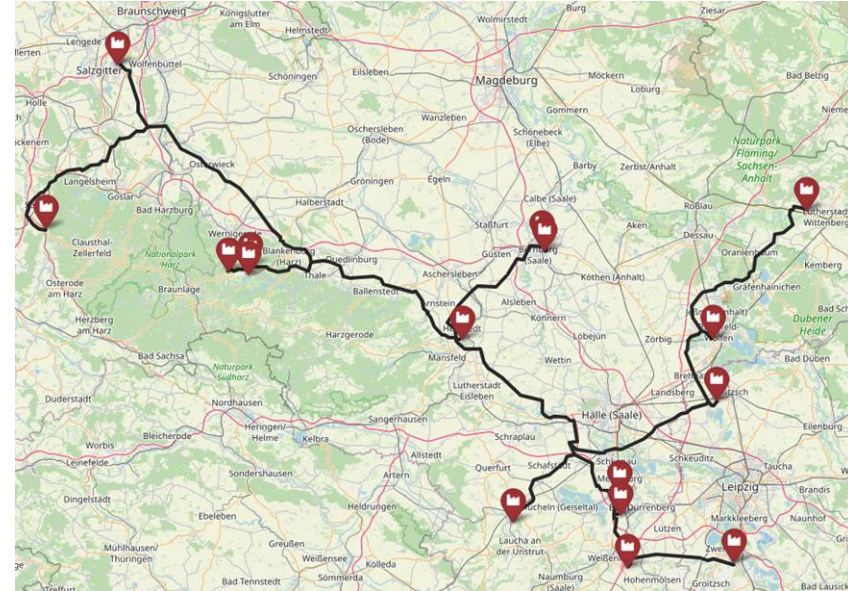
- **Großvolumiger CO₂-Transport im Binnenland nur via Pipeline**, Alternativen kapazitätsseitig begrenzt, signifikant teurer und mit CO₂-Emissionen verbunden
- **Vorhandene Erdgasleitungen für CO₂-Transport nur bedingt nutzbar**
 - Freie Trassen für H₂-Kernnetz reserviert
 - Transport in der dichten Phase erfordert höheren Druck → höhere Wandstärken
 - Flüssiger Transport bei größeren Volumina wirtschaftlicher – hier: ab 5 bis 10 Mio. t/a
- **CO₂-Zwischenspeicherung**
 - Zwischenspeicherung herausfordernder, da im Druckbereich der Kavernen der Phasenübergang liegt
 - Flache und damit „kühle“ Kavernen besser für Zwischenspeicherung von flüssigem CO₂
 - Sichere Zwischenspeicherung in technisch möglich (inkl. Zementation)
- **Hoher systemischer Wert** durch große Volumina – gerade bei zeitlichen Unsicherheiten wie Schiffstransport
- **Für betrachtetes System ist 1 Kaverne ausreichend**
 - Keine Konkurrenzsituation zur Erdgas- und Wasserstoffspeicherung
 - Typische Kavernenspeicher haben 20-30 individuelle Kavernen



Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V.
(2021) Technische Regel Bohrungsintegrität

Grundsätze des Trassenverlaufs

- Zielpunkt ist Zwischenspeicher in Bad Lauchstädt
- Größte Emittenten in Mitteldeutschland angeschlossen
- Vermeidung technisch herausfordernder Querungen sowie Umgehung von Gebieten mit hohem Raumwiderstand (z.B. bebauten Gebieten, Rohstoffabbau, Naturdenkmäler, Geotope)
- Berücksichtigung von Gebieten mit erhöhtem Genehmigungsaufwand (Wasserschutzgebiete, FFH-Gebiete, § 30 BNatSchG Biotop, Wälder)
- Trassenbündelung, Orientierung an Flurstücksgrenzen

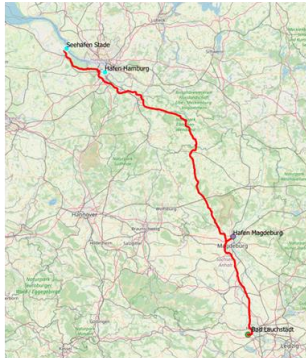


→ Gasförmiger Transport, da wirtschaftlicher als Transport von flüssigem CO₂

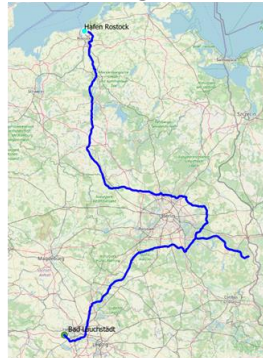
3 mögliche Trassen von Bad Lauchstädt zu Seehäfen untersucht, Grobkartierung inkl. Kostenabschätzung

- Nordsee-Route: Bad Lauchstädt – Stade
- Ostsee-Route: Bad Lauchstädt – Rostock unter Mitnahme Emittenten Berlin/Brandenburg
- Rhein-Ruhr – Weiterleitung über CO₂-Anschluss zu den Niederlanden
 - Diese Route wegen ungünstiger Topografie (Mittelgebirge) nicht weiter verfolgt.
- Nord- und Ostseeroute haben nördlich Linie Hannover-Berlin keine potenziellen CO₂-Einspeiser
- Transport gasförmig, da bis zur angenommenen Kapazität von 5 Mio. t/a günstiger

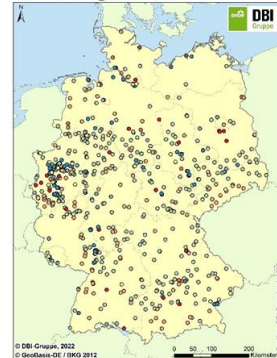
Nordseeroute
Bad Lauchstädt – Stade
Länge: 375 km
Kostenschätzung: 1.104 Mio. €



Ostseeroute
Bad Lauchstädt – Rostock
Länge: 550 km
Kostenschätzung: 1.614 Mio. €



Standorte von emissionshandlungspflichtigen
Industriebetrieben nach Branchen
(Zeitbezug 2019)
Darstellung des DBI



Industriestandorte

- chemische Industrie
- Eisen und Stahl
- Mineralverarbeitung
- Nichteisenmetalle
- Papier und Zellstoff
- Raffinerie
- sonstige Verbrennungsanlagen

Abscheidung, Zwischenspeicherung und Transport

- Von der Quelle bis zur Küste – beispielhafte Rechnung

Komponente	Größe	Annuität Mio €/a	Spez. Annuität €/t
Abscheidung + Kompression	5 Mio.t/a 22,7 MW	406,2 36,2	88,5
Sammelnetz	431 km, 25 bar	32,7	6,5
Zwischen- speicher	156.000 t CO ₂	14,0	2,8
Backbone + Kompression	370 km, DN 1000, 14.4 MW	38,2 23,2	7,6

*Backbone: Bad Lauchstädt – Stade
Annuitäten beziehen sich auf Kapital- und Betriebskosten CO₂-Transport:
Gasförmig (basierend auf 5 Mio.t CO₂/a)*

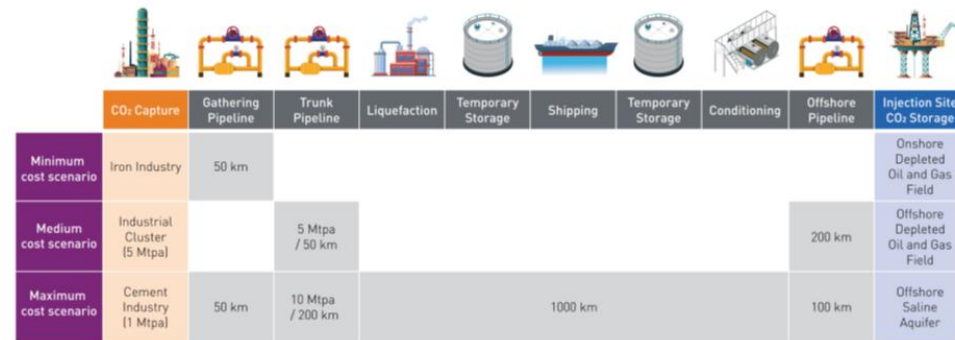
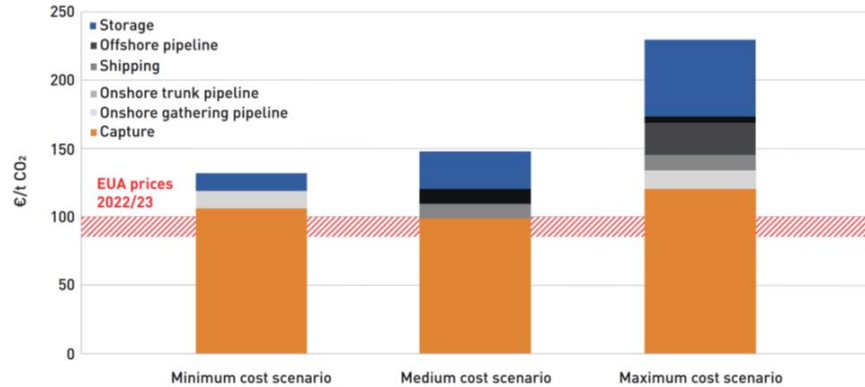
► Rahmenbedingungen:

Parameter	Wert
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Jährliche CO ₂ -Menge	5 Mio.t
Zinsfaktor	5,00 %
Preisänderungsfaktor	2,00 %
Stromkosten (1. Jahr)	0,12 €/kWh

Ergebnis **Beispielrechnung** von
Abscheidung bis zur Küste
ca. 105 €/t CO₂

Kostenanalyse

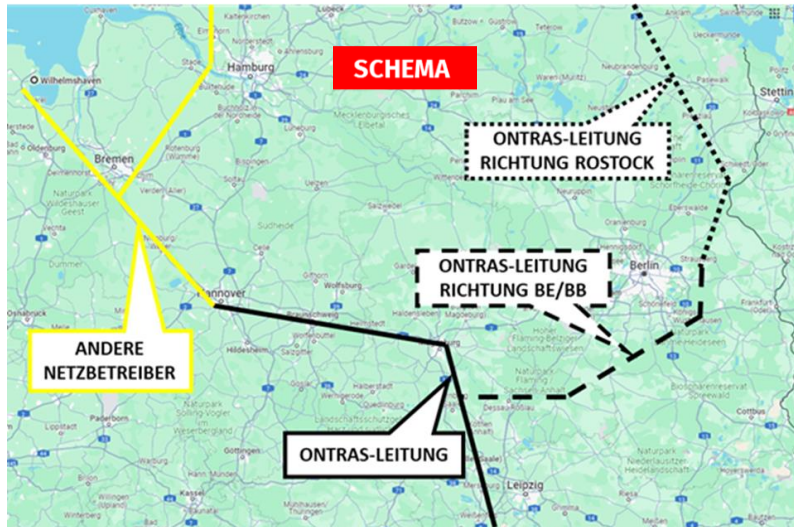
Kostenschätzung Einordnung Gesamtkette CCS (außerhalb des Projektes)



Quelle: "Creating a sustainable business case for CCS value chains – the needed funding and de-risking mechanisms" - IOGP, November 2023

Pipelinetrassen 2.0

- **Beide untersuchten Routen (Stade, Rostock) erfassen nicht alle großen Emittenten in Ostdeutschland**
- Investitionsbedarf >> 1 Mrd. Euro
- Inbetriebnahme 2033 ± 2 Jahre
- **Signifikantes Kostensenkungspotential durch Aufbau eines offenen, diskriminierungsfreien ganzheitlichen CO₂-Transportnetzes zur Vermeidung von doppelten CO₂-Infrastrukturen**



NEU: Verkürzte Route mit Tie-in anderes Netz
Bad Lauchstädt – Magdeburg – Hannover Länge: 270 km

Zusätzliche Anschlüsse:

Sachsen - Böhlen (DOW)
plus 53 km

Berlin/Brandenburg inkl. Abzweig nach Wittenberg plus ca.
200 km

Mecklenburg-Vorpommern – über Schwedt plus 300 km

Potentielle Erweiterung nach **Thüringen** und **Nachbarländer**
noch nicht betrachtet

Zusätzliche CO₂-Mengen durch mögliche Erweiterung nach
Tschechien und **Polen**

Haben Sie fragen, dann sprechen Sie uns gern an!

Ihre Ansprechpartner

Dr. Jörg Nitzsche

Geschäftsführer

Tel.: +49 (0) 3731 - 4195 300

E-Mail: joerg.nitzsche@dbi-gruppe.de

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Karl-Heine-Straße 109/111 · D-04229 Leipzig

Dr. Rico Rockmann

Teamleiter Gaschemie & Gasaufbereitung

Tel.: +49 (0) 341 - 2457 166

E-Mail: rico.rockmann@dbi-gruppe.de

➔ www.dbi-gruppe.de