

Im Auftrag von

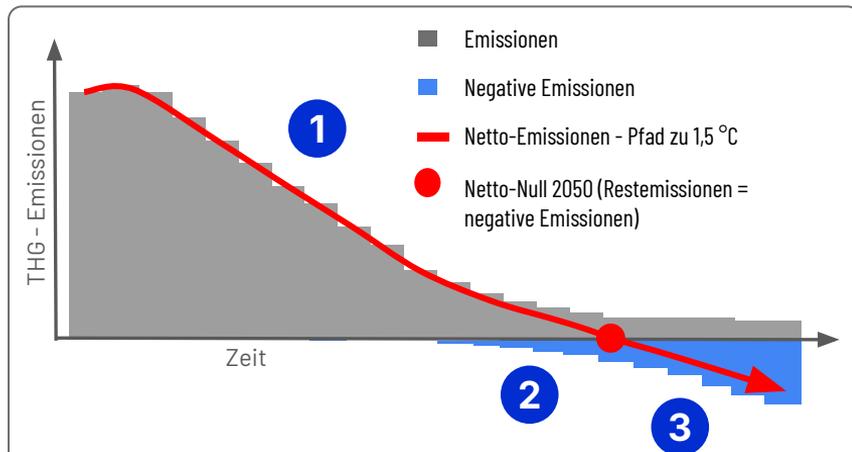


Machbarkeitsstudie CCS "Pilotprojekt HKW I+II IWB Basel"

VB SA Anlass, 10.12.2024

© IWB

Negative Emissionen sind entscheidend für das Erreichen von Netto-Null und darüber hinaus



Das Erreichen von Netto-Null 2050 und darüber hinaus erfordert:

- 1 Reduzierung der THG-Emissionen so viel und so schnell wie möglich.
- 2 Entfernung von CO₂, um die verbleibenden Emissionen auszugleichen.
- 3 Nach 2050, Entfernung von CO₂ über die Restemissionen hinaus, um die historischen Emissionen auszugleichen.

Negative Emissionen in der Schweiz:



- Schweiz hat **Netto-Null-Ziel 2050**
- **Schwer vermeidbare Emissionen in 2050:** ~12 Mio. tCO₂/a
- **Reduktionsziel durch CCS:** ~5 Mio. tCO₂/a
- **Permanente CO₂-Entfernung durch Negativemissionen:** ~7 Mio. tCO₂/a (davon ~2 Mio. tCO₂/a im Inland)

Quelle: [BAFU \(2022\)](#), S.5

Klimastrategie Kanton Basel-Stadt



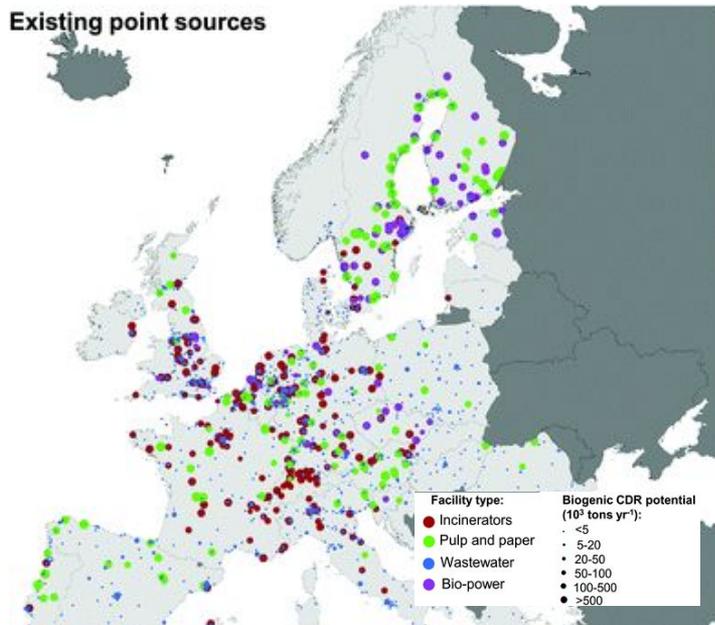
"Alle Restemissionen, die aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen nicht vermieden werden können, **werden ab 2037 mit Negativemissionen kompensiert.** Der Kanton strebt an, dass diese **soweit möglich mit NET auf dem Kantonsgebiet ausgeglichen werden.** Für NET werden **insbesondere die KVA, die ARA und die Holzheizkraftwerke in Betracht gezogen.** Wenn innerhalb des Kantonsgebiets nicht genügend Negativemissionen produziert werden können, greift der Kanton auf Negativemissionszertifikate zurück."

Quelle: [Klimastrategie, Kanton Basel-Stadt \(2023\)](#), S. 46

Bioenergie mit Carbon Capture und Storage (BECCS) kann in grossem Umfang negative Emissionen erzeugen

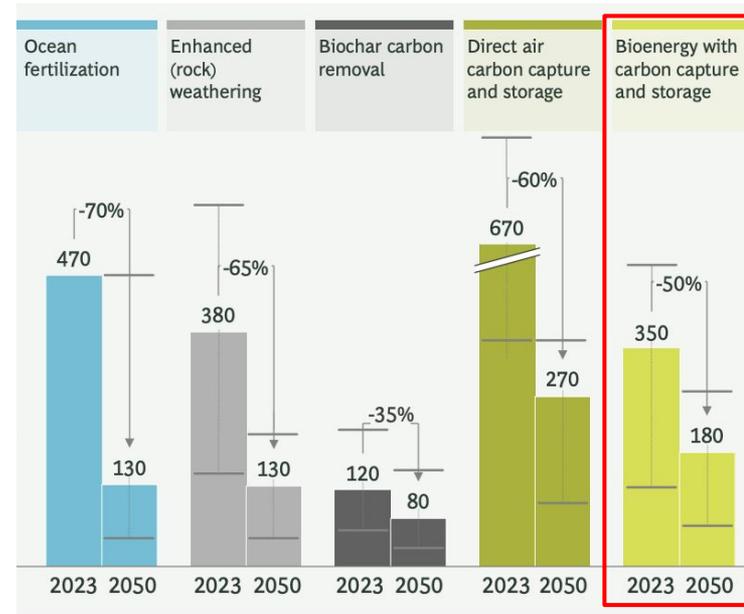
Europa hat ein BECCS-Potenzial von 200 Millionen tCO₂/Jahr

Existing point sources



Quelle: [Rosa, Sanchez, Mazzotti \(2021\)](#)

BECCS-Kosten werden bis 2050 voraussichtlich um 50% sinken



Quelle: [BCG \(2024\)](#)

Erfolgreiche BECCS-Projekte meistern eine komplexe und lange Wertschöpfungskette



Die CST Machbarkeitsstudie "Pilotprojekt HKW I+II" deckt fast die ganze BECCS Prozesskette ab

Umfang Machbarkeitsstudie 



01. Projektgrundlagen & Technologieübersicht

01. Evaluation Erschließung weiterer CO2-Punktquellen

02. CO2 Abscheidung & Aufbereitung HKW I+II

02. CO2 Transport 2. und 3. Meile sowie permanente Speicherung

03. Logistik HKW I+II

03. Analyse von Fördermitteln, welche Wirtschaftlichkeit beeinflussen

04. CO2 Transport 1. Meile (inkl. Microtunnel & Hub Auhafen Muttenz)

04. Analyse Monetarisierung für den CO2-Handel

05. Umweltschutz & Sicherheit

06. Trägerschaft für Pipeline & Hub Auhafen Muttenz

Die CST Machbarkeitsstudie "Pilotprojekt HKW I+II" deckt fast die ganze BECCS Prozesskette ab

Umfang Machbarkeitsstudie 



01. Projektgrundlagen & Technologieübersicht

01. Evaluation Erschließung weiterer CO2-Punktquellen

02. CO2 Abscheidung & Aufbereitung HKW I+II

02. CO2 Transport 2. und 3. Meile sowie permanente Speicherung

03. Logistik HKW I+II

03. Analyse von Fördermitteln, welche Wirtschaftlichkeit beeinflussen

04. CO2 Transport 1. Meile (inkl. Microtunnel & Hub Auhafen Muttenz)

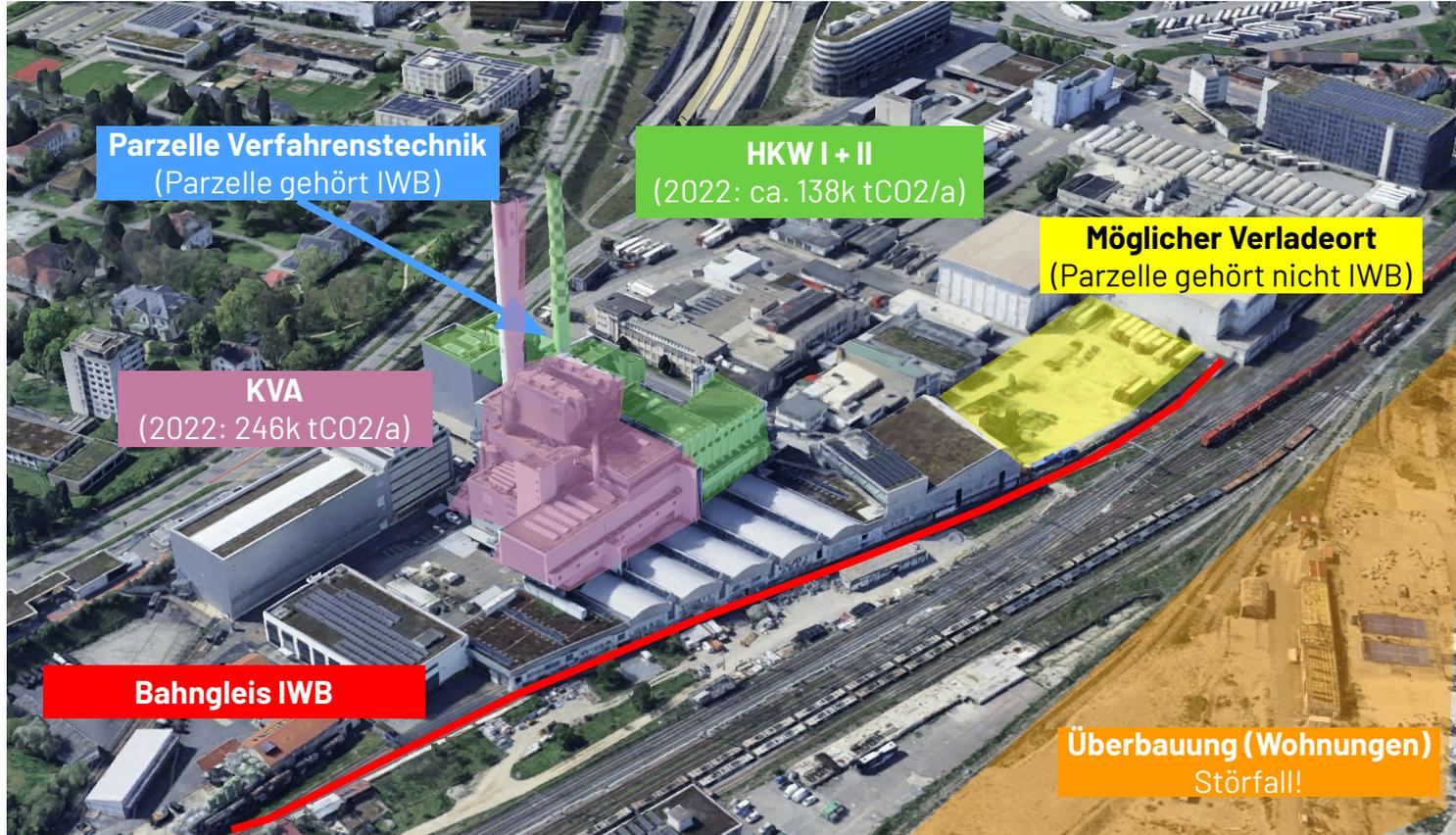
04. Analyse Monetarisierung für den CO2-Handel

05. Umweltschutz & Sicherheit

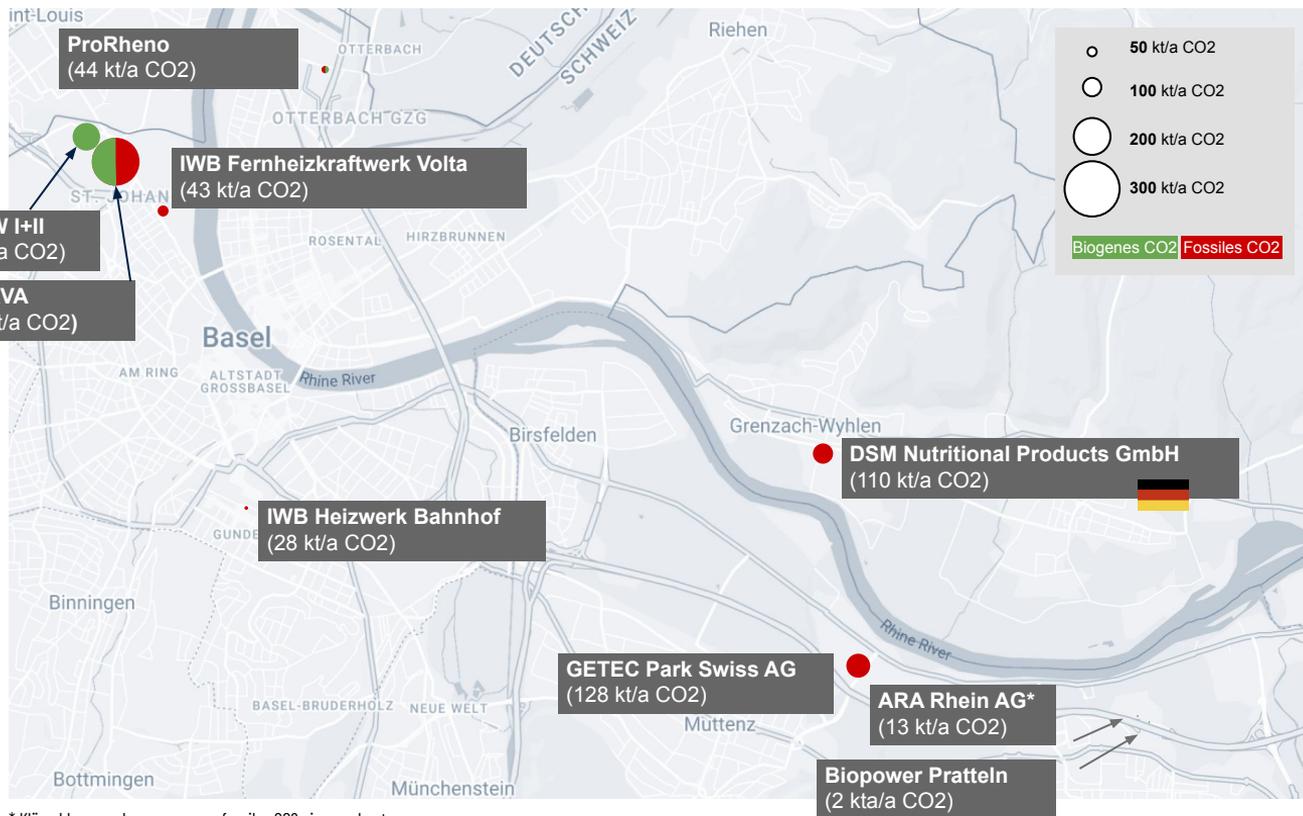
06. Trägerschaft für Pipeline & Hub Auhafen Muttenz

= Fokus Präsentation

Übersicht Standort HKW I+II



Grosses Synergiepotenzial mit anderen CO₂-Punktquellen

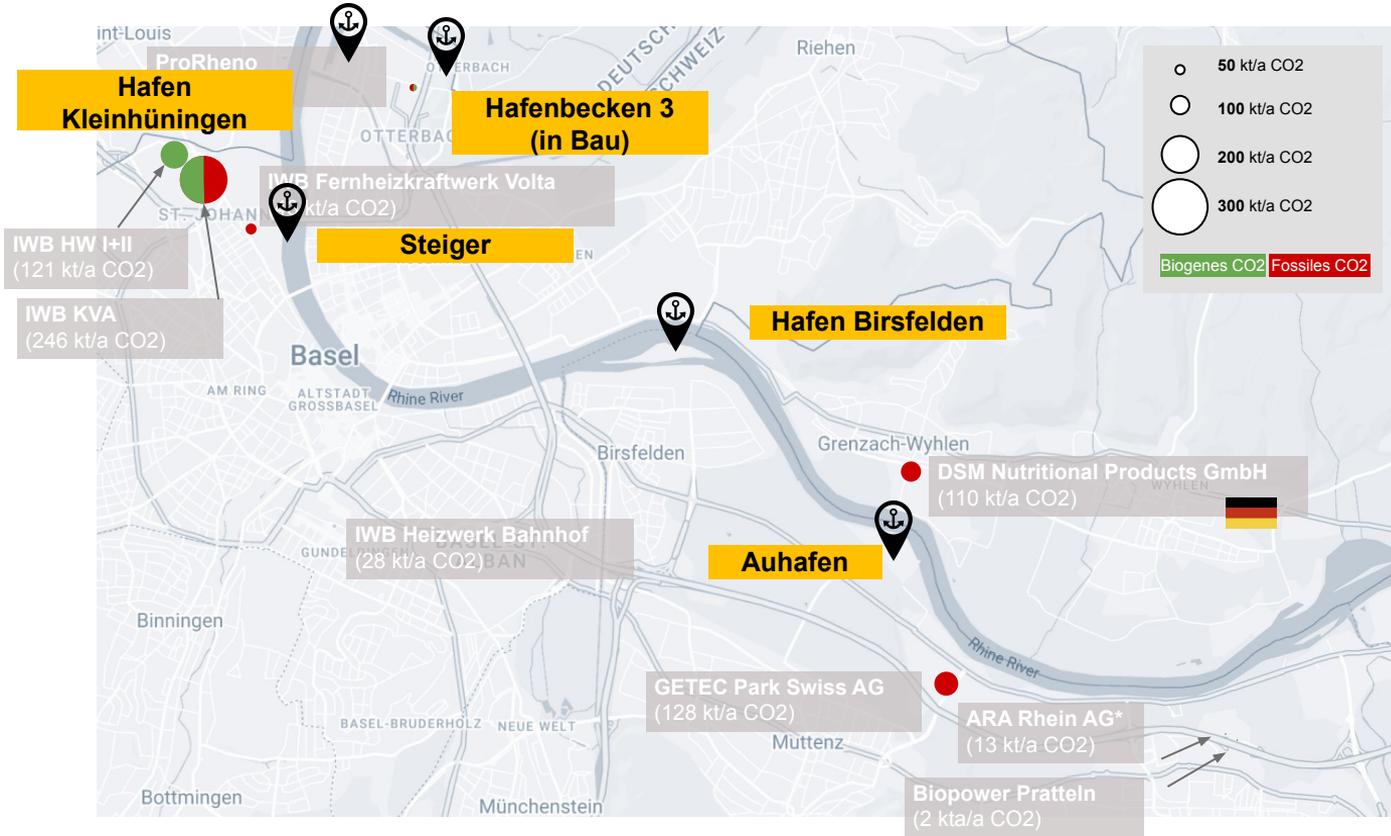


* Klärschlammverbrennung - nur fossiles CO₂ eingerechnet

- Punktquellen von ca. **735k tCO₂/a** (vor Abscheidung)
- Schwierigkeit: Daten biogenes CO₂
- Jedoch:
 - **Saisonale Schwankungen** (es lohnt sich nicht alle Anlagen mit CC auszurüsten)
 - **Veränderung Primärenergieeinsatz über 20 Jahre**
- KVA + HKW I+II können bis zu ca. **200k tCO₂ an negativen Emissionen** erzeugen¹

¹ Annahmen: (1) Abscheideranlagen werden immer betrieben wenn HKW läuft, (2) KVA: 50% biogene Emissionen, (3) Es wird eine 90% Abscheiderate erreicht, (4) Prozessemissionen durch Abscheidung, Transport und Speicherung des CO₂s belaufen sich auf 10% der gespeicherten CO₂ Menge.

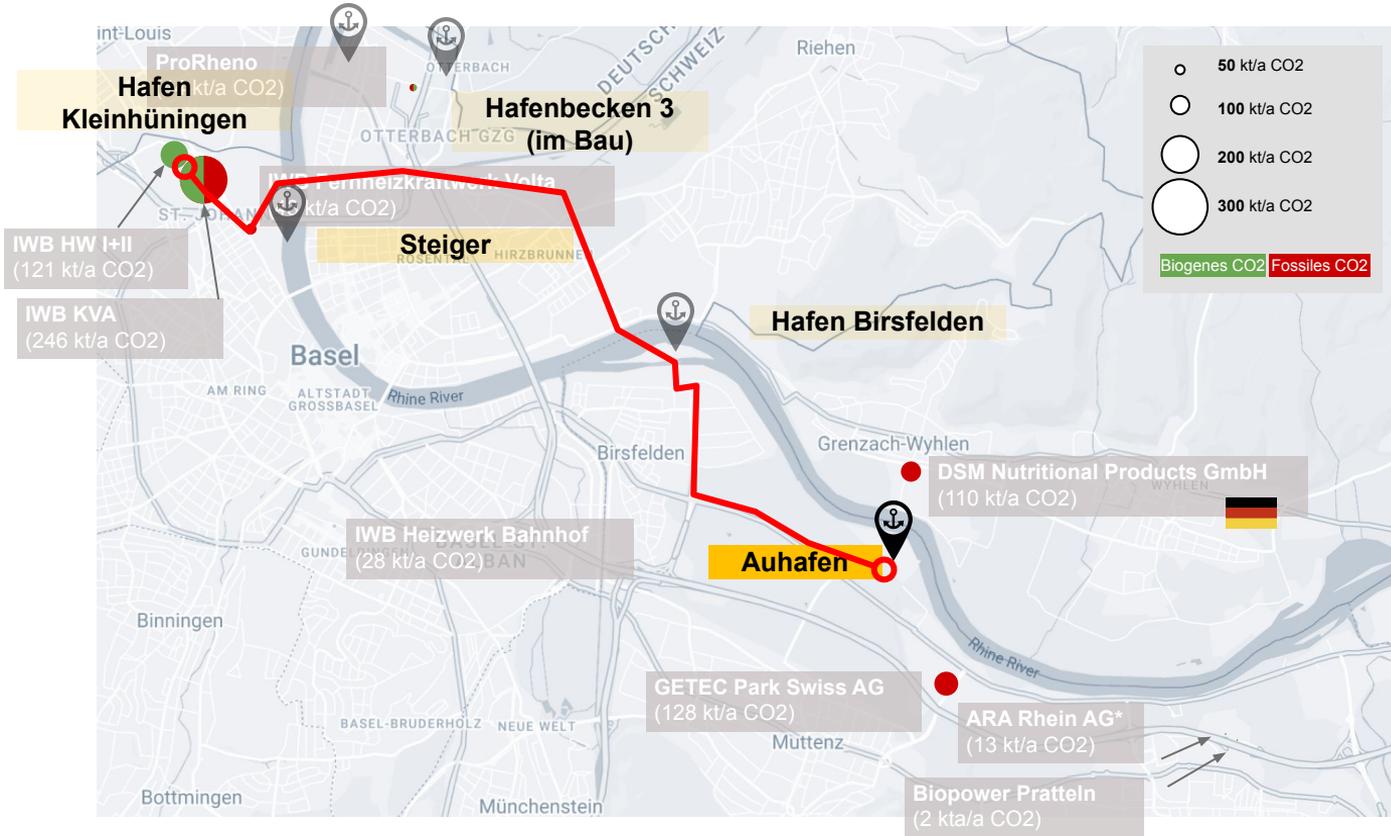
Evaluation Standorte für CO2 Aggregation / Schiffsverlad



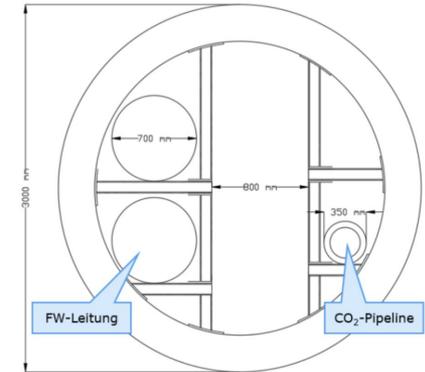
- Evaluation möglicher Standorte durch Ramboll
 - Platzbedarf
 - Sicherheit/ Abstände Wohngebiete
 - Etc.

Quelle: Basierend auf Projektarbeit Ramboll

Pipeline "Hagenau - Auhafen MuttENZ"



- **Entscheid Auhafen MuttENZ**
- **Microtunnel / Pipeline** (gasförmig - 50t/h) von HKW I+II / KVA via FHKW Volta nach Auhafen
 - Kombination mit Fernwärme (Hagenau - Volta)
 - Trassenführung möglich



Quelle: Ramboll

Quelle: Basierend auf Projektarbeit Ramboll

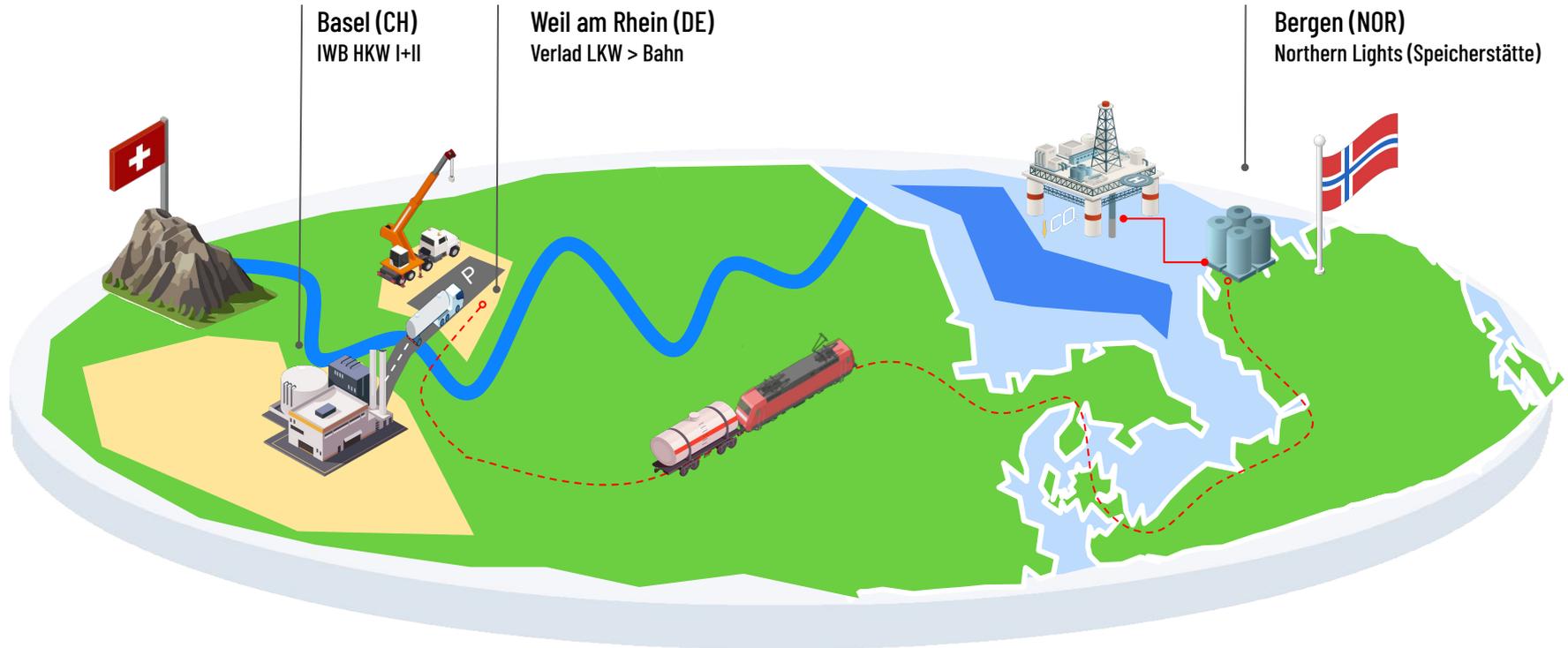
Transport-Szenario 1

- Nur CO₂ von HKW I+II (ca. 100k tCO₂/a)
- **Verlad auf Bahn direkt am Standort HKW I+II**
- Verwendung von **ISOtainer** (20 tCO₂/Tank)
- Mit Zug direkt nach Bergen (NOR)



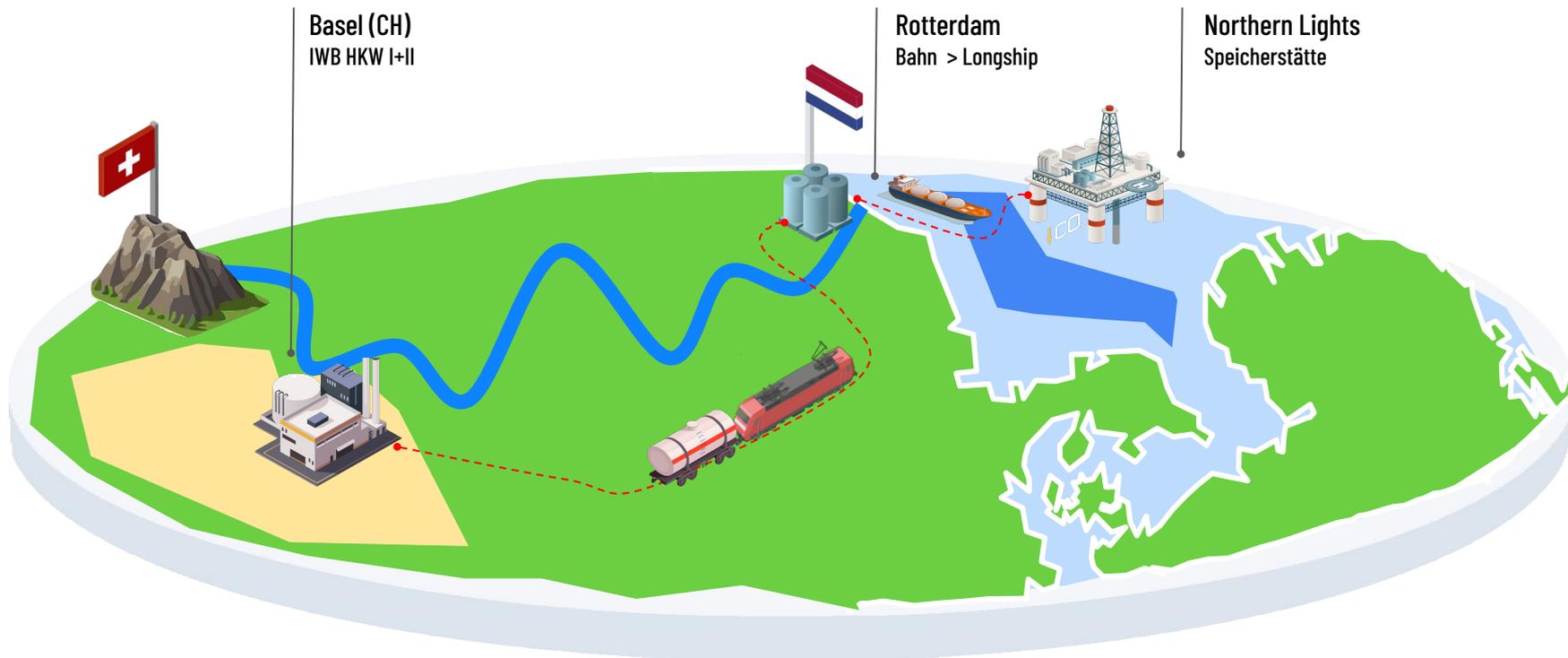
Transport-Szenario 2

- Nur CO2 von HKW I+II (ca. 100k tCO2/a)
- Verwendung von **ISOtainer** (20 tCO2/Tank)
- **Bahnverlad am Standort HKW I+II nicht möglich**
- Mit LKW nach Weil am Rhein (DE) und dann mit Zug direkt nach Bergen (NOR)



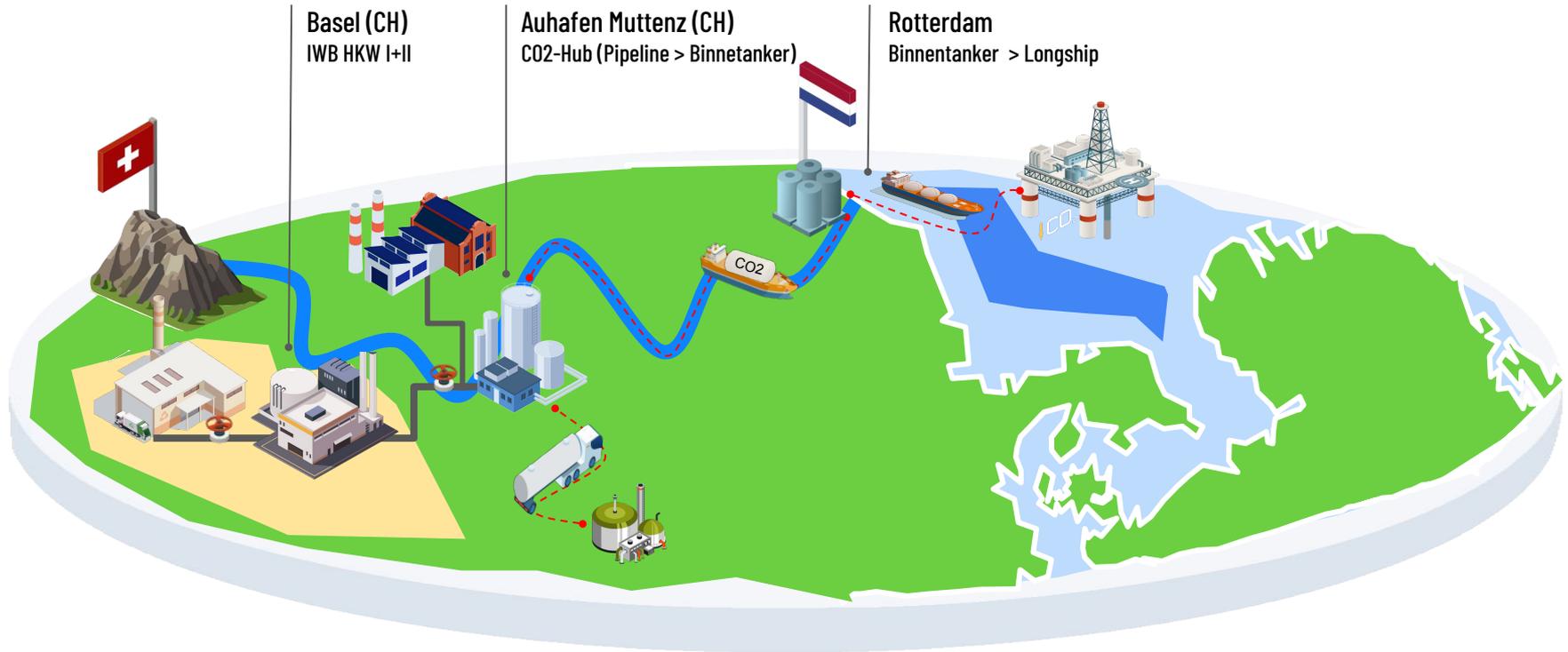
Transport-Szenario 3

- Nur CO₂ von HKW I+II (ca. 100k tCO₂/a)
- Verwendung von **Kesselwagen** (60 tCO₂/Wagen)
- Befüllung am Standort HKW möglich
- Mit Bahn nach Rotterdam und weiter mit Longship nach Northern Lights Speicherstätte



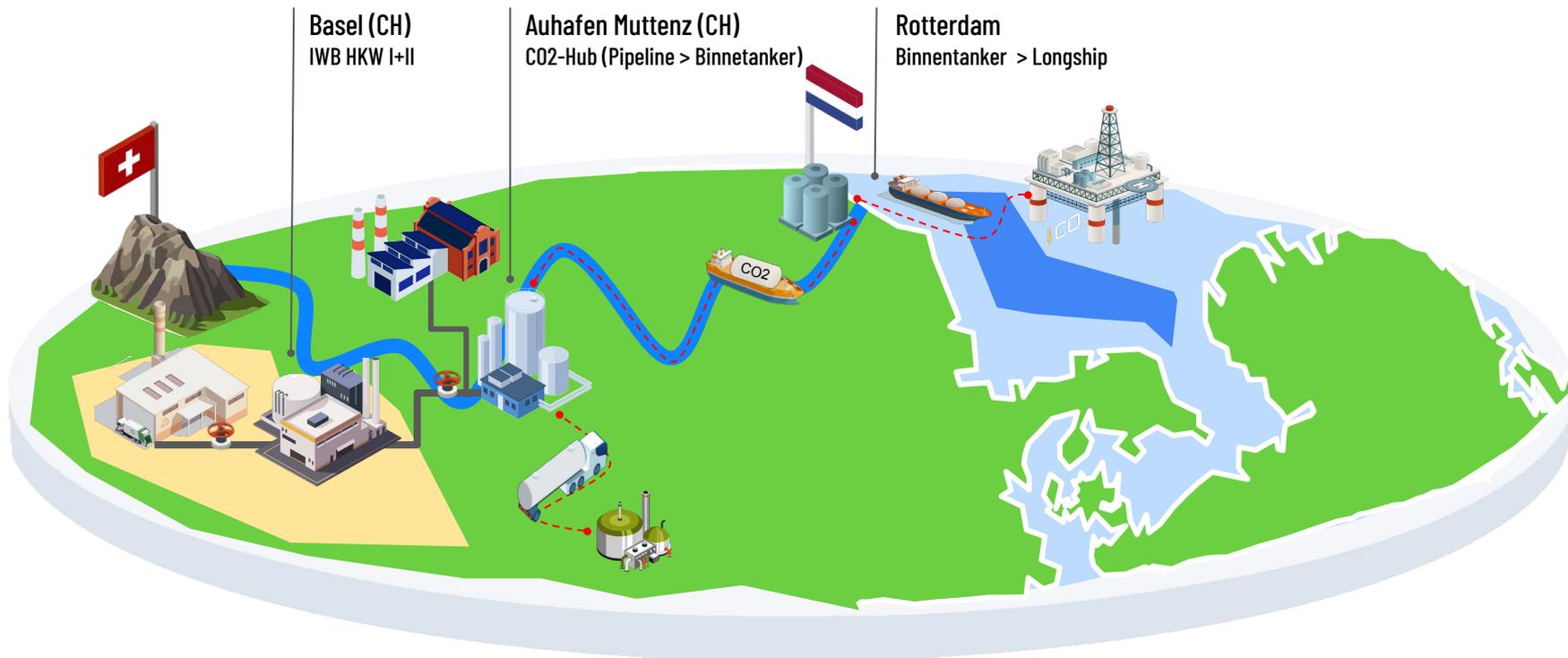
Transport-Szenario 4

- Transport CO₂ von HKW I+II mit **CO₂-Pipeline** nach Auhafen Muttenz + Aggregation weiteres CO₂
- Transport mit **Spezialschiff (Binnentanker)** nach Rotterdam und weiter mit Longship nach Northern Lights Speicherstätte
- Volumen: **500k tCO₂/a**

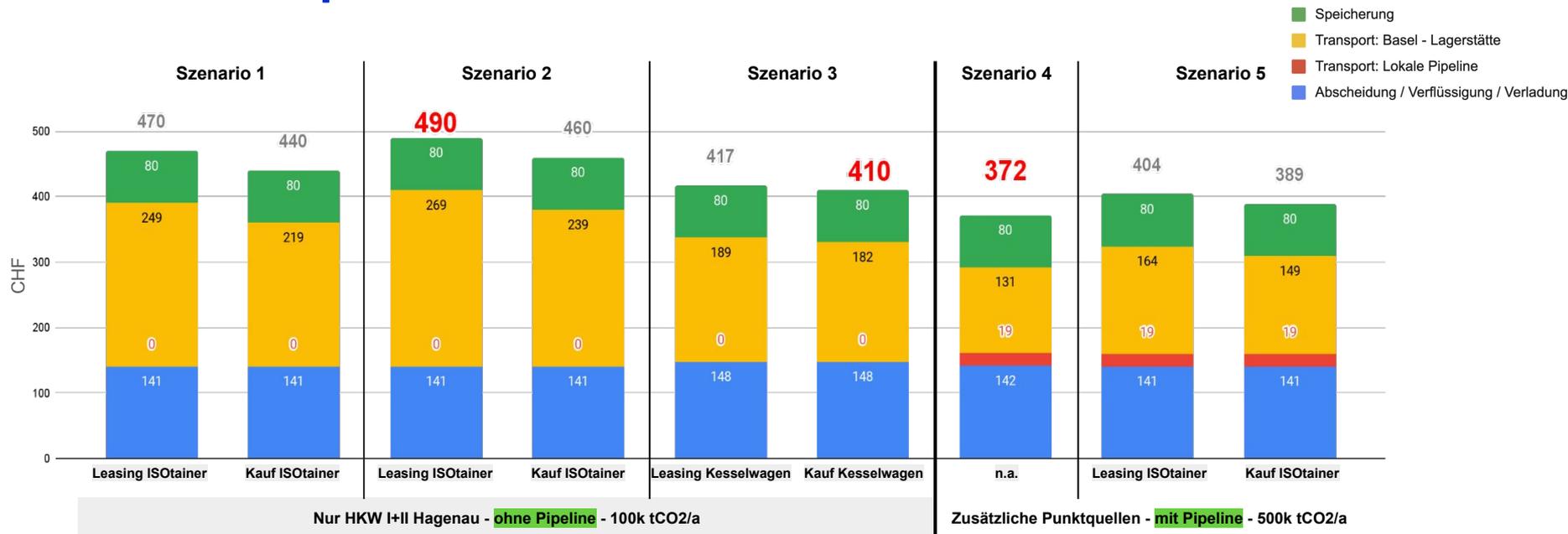


Transport-Szenario 5

- Transport CO₂ von HKW I+II mit **CO₂-Pipeline** nach Auhafen Muttenz + Aggregation weiteres CO₂
- **Betankung ISOtainer** und Verlad auf Schiff nach Rotterdam und weiter mit Longship nach Northern Lights Speicherstätte
- **Volument: 500k tCO₂/a**

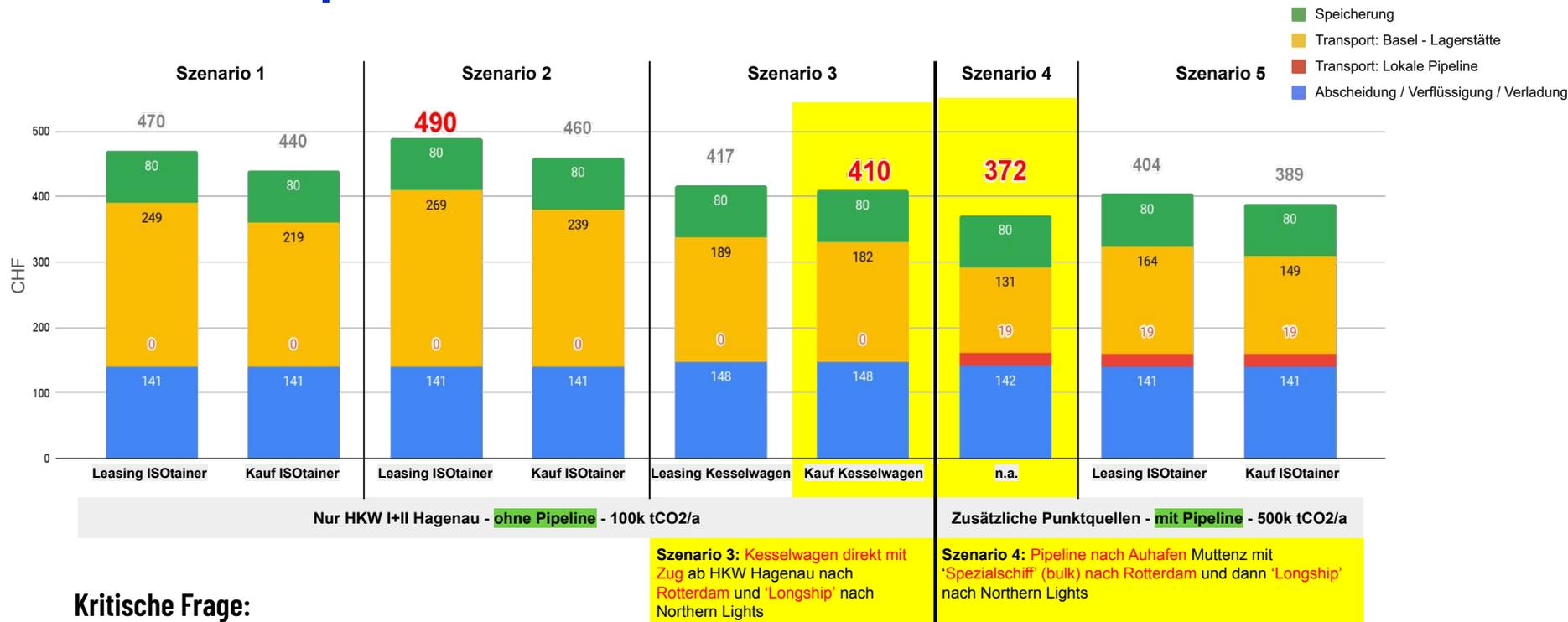


C02-Transport ist Kostentreiber



Quelle: Kostenschätzung für Abscheidung / Verflüssigung / Verladung sowie lokale Pipeline durch Ramboll

CO2-Transport ist Kostentreiber



Kritische Frage:

- Entwicklung Transport- und Speicherkosten über nächsten 20 Jahre wird kritisch sein für BECCS-Projekte

Erkenntnisse CO₂-Speicherung

Kosten



- **Wenig Transparenz betr. Preise CO₂-Speicherung**
- Preis hängt von der gespeicherten Menge ab
- Indikativen Speicherkosten zwischen **40-100 EUR/tCO₂**.

Zeitplan



- Bis 2030 **Engpässe**
- Speicherkapazitäten müssen in der Regel **~1-2 Jahre vor Beginn der Einspeicherung reserviert** werden
- **EU Net Zero Industry Act (NZIA):** Ziel ab 2030 Speicherkapazität von 50 Mio tCO₂/a
- **Starke Förderung durch EU Innovationsfond** (erstes onshore-Projekt in Ungarn)

Standorte



- Aktuell Mehrheit in **Nordsee**
- Zunehmend Projekte in **Italien, Ungarn, Frankreich**
- **Bevorzugung für Speicherung inländischer Emissionen** (Niederlande, Großbritannien, Italien) gegenüber der **Positionierung als internationale Speicheraanbieter** (Dänemark, Norwegen)

Herausforderungen für Emittent



- **Vertragsverhandlungen mit Speicheraanbieter** (take-or-pay, Haftungsfragen, Unterbrüche Einspeicherung, CO₂-Specs)

Finanzierung: Monetarisierung CO2

Erkenntnisse

● Freiwilliger Markt

- CapEx und OpEx Fördermittel können den Preis von CHF 372/ tCO2 nochmals beträchtlich senken. **Preise bis CHF 250/ CDR sind im freiwilligen Kohlenstoffmarkt (VCM) realistisch.** Jedoch ist Nachfrage gering (schwierig Käufer zu finden) daher unsichere langfristige Finanzierung

● Pflichtmarkt

- Negative Emissionen nicht im EHS / EHS-Preis zu tief

● Direkte Finanzierung durch "Öffentliche Hand"

- Beispiel Stadt Zürich (Werdhölzli)
- Kanton Basel Stadt hat Netto-Null 2037 Ziel!

Monetarisierungsoptionen

Option Monetarisierung	Käufer	Potenzielle Einnahmen	Marktgrösse	Komplexität	Klima- auswirkungen	Anmerkungen
Permanente Speicherung (Carbon Capture & Storage - CCS)						
Verkauf via CDR-Zertifikate auf dem freiwilligen Markt	Freiwilliger Markt (private Akteure in der Schweiz + global)	Hoch	Stark wachsend	Hoch	Sehr positiv	<ul style="list-style-type: none"> - Einnahmen: normalerweise "cost"-Ansatz - Offene Fragen betreffend regulatorisches Zuständigkeit ("Marktfähigkeit", z.B. falls zusätzliche Förderung durch NIS, Art.) - Zertifizierung: Über Standard/Methodologie freiwilliger Markt - Nicht klar, wie grosse Mengen an CH CDRs verkauft werden können, und wo (höhere Unit-Kosten)
Verkauf an "Öffentliche Institutionen" mit Netto-Null Ziel	Öffentliche Institution	Hoch	Klein - wachsend	Hoch	Sehr positiv	<ul style="list-style-type: none"> - Einnahmen: normalerweise "cost"-Ansatz - Zertifizierung: Über Standard/Methodologie freiwilliger Markt oder auch von BAUFU ausgestellte Bescheinigungen. - Beispiele: Stadt Zürich (Werdhölzli) - wobei es sich hier strikte gesehen nicht um einen Verkauf handelt, da die Stadt Zürich als Eigentümerin der Klärschlammverbrennung Werdhölzli selbst über Steuermittel in Projekt investiert sich den Klimawirkung selbst anrechnet. In Zukunft ist es aber denkbar, dass öffentliche Institutionen in der Schweiz auch als Käufer auftreten um Klimaziele zu erreichen.
Verkauf auf dem Schweizer Pflichtmarkt via CHAs - e.g. KIKK	KIKK	Mittel	Stabil	Hoch	Sehr positiv	<ul style="list-style-type: none"> - Die vom BAUFU ausgestellten Bescheinigungen differenzieren zwischen Reduktionen und Negativemissionen. Die gesetzliche Kompensationspflicht macht keine Vorgaben bspw. an einen minimalen NET-Anteil. - Einnahmen: aktuell max. CHF 180.- / tCO2 (effektiver Preis ist Verhandlungssache - nicht kostendeckend) - Zertifizierung: Über BAUFU Standard/Methodologie
Nicht-permanente Speicherung (Carbon Capture & Utilization - CCU)						
Nutzung in kommerziellen Produkten (CCU): Verkauf an Gashändler, Gewächshäuser	Gashändler, Gewächshäuser	Mittel	Stabil	Hoch	Tief-Mittel	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht permanent - Einnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Ohne Projekt auf dem Schweizer Pflichtmarkt: ca. CHF 50/ tCO2 Verkaufspreis bezahlt vom Abnehmer (abhängig von Qualität) - Mit Projekt auf dem Schweizer Pflichtmarkt: ca. CHF 50/ tCO2 Verkaufspreis bezahlt vom Abnehmer sowie aktuell max. CHF 180.- / tCO2 über Bescheinigungen (effektiver Preis ist Verhandlungssache) - Volumen im CH Markt limitiert - Export schwierig da höhere Kosten für CH CO2 - Volumen im CH Markt limitiert - Export schwierig da höhere Kosten für CH CO2 - Nicht klar, ob wann Technologie skaliert (und wo)
Nutzung in kommerziellen Produkten (CCU) - Synfuels	Synfuel-Produzenten	Mittel - Hoch	Wachsend	Hoch	Mittel	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht klar, ob wann Technologie skaliert (und wo)

¹ Permanente Speicherung beinhaltet geologische Speicherung sowie Speicherung in Recyclingbeton (nur geringe Mengen möglich)
² Annahme: CHF 50.- / tCO2 welches Verbraucher von CO2 bezahlen basiert auf Marktinformationen von Airfix & South Pole.

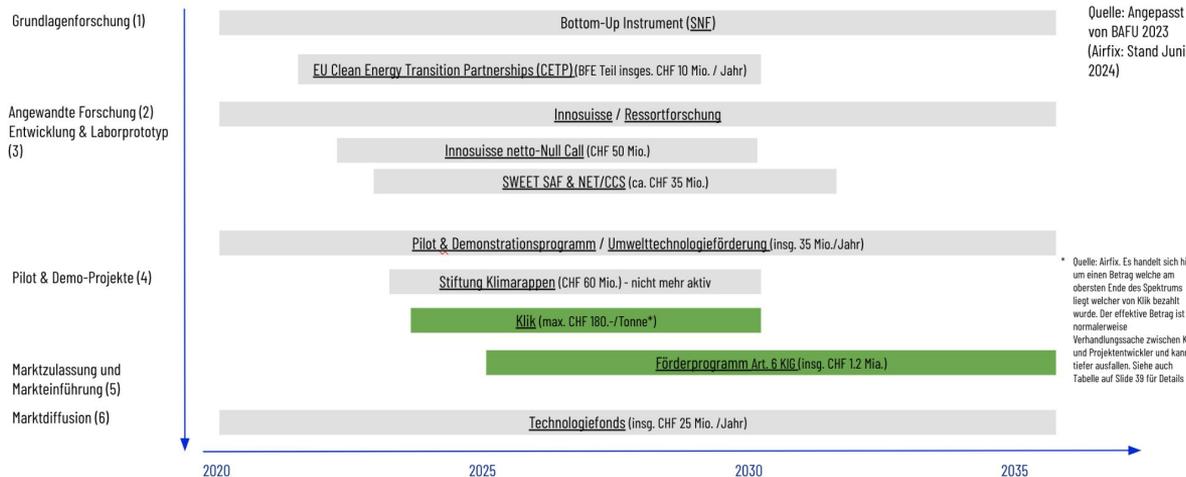
Wartungsausschluss: Mit der Auflistung und Analyse der oben genannten Optionen garantiert Airfix nicht, dass alle diese Optionen für das Pilotprojekt HW der IWS realisierbar sind. Die tatsächliche Durchführbarkeit hängt von den Zertifizierungsstandards und -methoden sowie von der sich entwickelnden Gesetzgebung (CH + EU) ab.

Finanzierung: Fördermittel

Erkenntnisse

- **Aktuell keine BECCS-Projekte in Europa ohne Fördermittel!**
- **Aktuell nur Fördermittel unter KIG und Klik relevant**
- **KIG**
 - Ab 2025
 - **50% CapEx & OpEx (max. 7 Jahre)**
 - Finanzierung von Cluster/Hubs möglich!
 - [Verordnung am 27.11 vom BR verabschiedet!](#)
- **Klik**
 - CHF 110 - 180 tCO₂ (nicht kostendeckend!)

Mapping Fördermittel CH



Takeaways für KVAs

(Die komplette CST Machbarkeitsstudie wird laut CST wahrscheinlich noch im Dezember 2024 veröffentlicht)

Technische Machbarkeit CCS

- **Kreative Lösungen bei schwierigen Platzverhältnissen** sind möglich
- **Umweltvorschriften** (z.B. Nitrosamin-Emissionen) und Störfallverordnungen sind kritisch

Finanzierung

- Der **freiwillige Kohlenstoffmarkt (VCM)** stellt (aktuell) keine nachhaltige Finanzierungsquelle dar
- Bei KVAs: **CDR-Zertifikate nur für die Hälfte des eingespeicherten CO₂s** (biogener Anteil). Der fossile Teil könnte als Emissionsreduktionszertifikat verkauft werden (Klik)
- **Integration von negativen Emissionen in den EU-ETS kann neue Chancen bieten** (wenn Kosten < EU-ETS-Preis!)
- **KIG-Fördermittel erlauben Finanzierung von lokalen Hubs & Pipelines** (siehe Verordnung)
- **KIG-Fördermittel (CapEx & OpEx) alleine reichen nicht für nachhaltige Finanzierung** ⇒ Es braucht neue Finanzierungslösungen

Transport & Speicherung/ CO₂-Hub

- **Aggregation von CO₂ in lokalen Hubs** kann Transportkosten senken
- **Limitierte Kostenersparnisse, wenn CO₂ bereits in ISOtainern oder Kesselwagen an Hub geliefert wird** und dort umgeladen werden muss
- Es braucht **tragfähige Betreibermodelle für CO₂-Pipelines und Hubs**
- **Gemeinsames Aushandeln von Speicherverträgen** senkt Transaktionskosten und Ausfallrisiken

Die Welt muss jedes Jahr 10 Milliarden Tonnen CO2 entfernen*

bis 2050, um die globale Erwärmung unter 1,5°C zu halten.

Fangen wir jetzt an!



Jonas Loetscher

Senior CDR Manager - Airfix Carbon

j.loetscher@airfixcarbon.com

Zürich, Switzerland

*Der IPCC gibt zwischen 5-16 Gt pro Jahr an. Vorrang sollte die Verringerung vor der Entfernung haben.

Source: IPCC 6th assessment report on mitigation; [McKinsey Sustainability Blog](#)

