

---

# CCS Linth 2030

---

Zusammenfassende Informationen zum Vorprojekt

Erarbeitung Team CO2 Kompetenzzentrum

Erstellungsdatum 01.07.2025

## Inhaltsverzeichnis

|     |                             |    |
|-----|-----------------------------|----|
| 1   | Einleitung                  | 1  |
| 2   | Projektstand CCS Linth 2030 | 2  |
| 2.1 | Prozesskette                | 2  |
| 2.2 | Allgemeine Betrachtungen    | 3  |
| 2.3 | Energetische Betrachtung    | 4  |
| 2.4 | Layout                      | 6  |
| 2.5 | Investitionskosten (CapEx)  | 11 |
| 2.6 | Betriebskosten (OpEx)       | 12 |
| 2.7 | Gestehungskosten            | 13 |
| 2.8 | Verfahrensgegenüberstellung | 13 |
| 3   | Ausblick                    | 15 |

# 1 Einleitung

Die Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) spielen eine wichtige Rolle für die Erreichung des Netto-Null-Ziels in der Schweiz, welches mit der Volksabstimmung am 18. Juni 2023 im Gesetz verankert wurde. Der flächendeckende Einsatz von Carbon Capture and Storage (CCS) in der KVA-Branche ist Teil der langfristigen Klimastrategie und hat das Potential, die schwer vermeidbaren Restemissionen der Schweiz um rund 4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq pro Jahr zu senken.

Dabei setzt die Branchenvereinbarung zwischen dem UVEK und dem VBSA aus dem Jahr 2022 an. Darin verpflichten sich die KVA-Betreiber, bis ins Jahr 2030 mindestens eine Anlage zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung mit einer jährlichen Abscheidungsleistung von mindestens 100'000 t<sub>CO2</sub>/Jahr in Betrieb zu nehmen. Im Gegenzug werden alle 29 KVA der Schweiz nicht ins Emissionshandelssystem (EHS) einbezogen.

Die KVA Linth legte den Grundstein für das Projekt «CCS Linth 2030» bereits im Jahr 2013 mit einer ersten Studie zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und anschliessender Methanisierung. Im Jahr 2020 erarbeitete sie zusammen mit der ETH Zürich eine Machbarkeitsstudie für eine grossmasstäbliche Abscheideanlage. 2022 wurde das CO<sub>2</sub> Kompetenzzentrum der Stiftung ZAR am Standort der KVA Linth gegründet, in welchem Grundlagen für den Einsatz von CCS für die Abfallbranche erarbeitet und verfügbar gemacht werden. Im Jahr 2024 wurde im Rahmen von diesem Kompetenzzentrum das Vorprojekt CCS Linth erarbeitet, welches in diesem Dokument zusammenfassend vorgestellt wird.

An der Versammlung der KVA-Betreiber des VBSA am 12.06.2025 wurde die KVA Linth als Standort für die Umsetzung der Anlage gemäss Branchenvereinbarung zwischen UVEK und VBSA aus dem Jahr 2022 bestimmt. Das Projekt CCS Linth ist somit aus Projektsicht bereit für die weitere Planung und die darauffolgende Umsetzung. Um das Projekt weiter vorantreiben zu können, muss jedoch eine aktuell noch ausstehende Lösung für die Finanzierung und Absicherung der Risiken vorliegen.

## 2 Projektstand CCS Linth 2030

### 2.1 Prozesskette

Die Prozesskette des Projekts CCS Linth ist in Abbildung 1 dargestellt. Eine Besonderheit des Projektes ist die Unterteilung der Verfahrenstechnik auf die zwei Standorte KVA Linth und Bahnhofsareal Weesen. Am Standort der KVA Linth befindet sich die Abscheideanlage mit einer Abscheidekapazität von rund 130'000 t<sub>CO2</sub>/Jahr. Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> wird verdichtet, getrocknet, vorgereinigt und in gasförmigem Zustand über eine CO<sub>2</sub>-Transportleitung zum Bahnhofsareal Weesen geführt. Eine ähnliche Aufteilung wäre bei mehreren KVA in der Schweiz nötig, solange es keine flächendeckende Pipeline-Infrastruktur gibt.

Auf dem Bahnhofsareal Weesen befindet sich die Verflüssigungsanlage, in der das gasförmige CO<sub>2</sub> abgekühlt, verflüssigt und gereinigt wird, so dass es die erforderlichen Reinheitsanforderungen für eine geologische Speicherung erfüllt. Das CO<sub>2</sub> wird auf dem Bahnhofsareal zwischengespeichert, bevor es über Abfüllvorrichtungen in Bahnkesselwagen gefüllt wird.

Mit den Bahnkesselwagen wird das CO<sub>2</sub> zu einem geeigneten CO<sub>2</sub>-Hub ausserhalb der Schweiz transportiert. Ein Umschlagterminal nimmt das CO<sub>2</sub> entgegen und führt es einer Lagerstätte zu, in der es dauerhaft im Untergrund gespeichert wird. Die leeren Bahnkesselwagen werden zur erneuten Befüllung zurück nach Weesen transportiert.

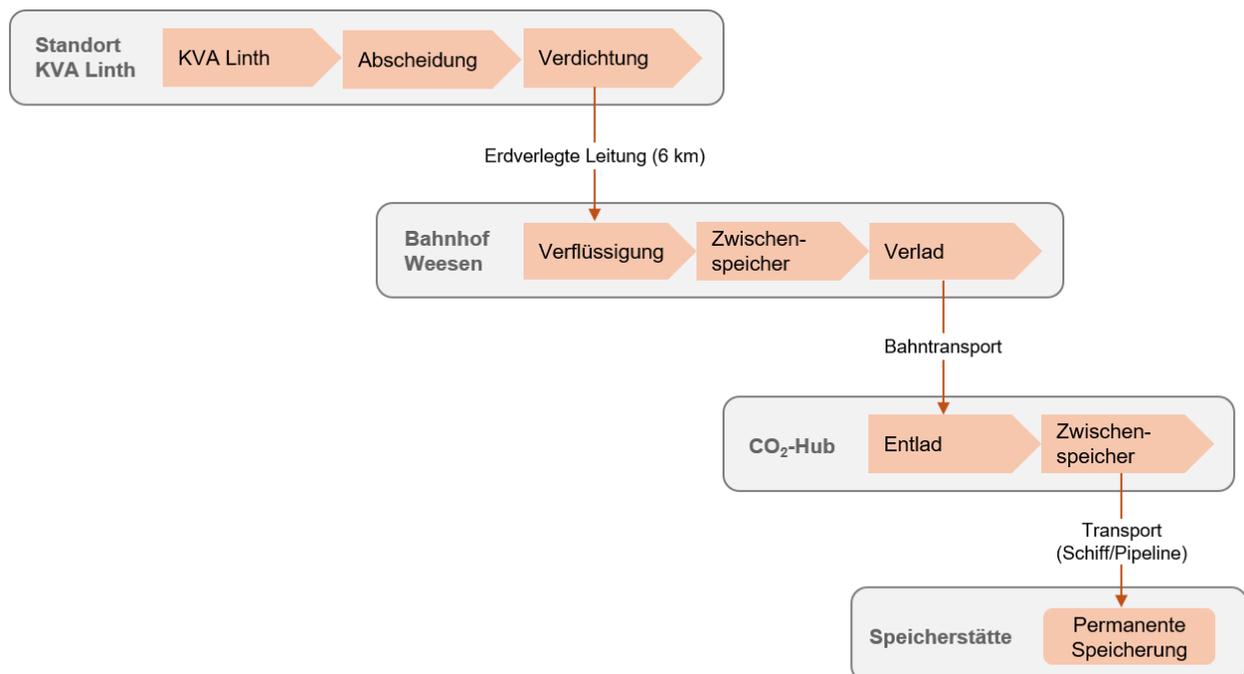


Abbildung 1 Prozesskette CCS Linth, mit den beiden Standorten KVA Linth und Bahnhof Weesen.

### Vorprojekt zu den Prozessschritten Abscheidung bis Verlad

Im Jahr 2024 wurde ein Vorprojekt gemäss SIA-Phase 31 für die Prozessschritte der Abscheidung bis und mit Bahnverlad, inklusive Wärmeintegration am Standort der KVA Linth, erarbeitet und abgeschlossen. Gemäss Voruntersuchungen weisen nur die beiden Absorptionstechnologien Aminwäsche und HPC-Verfahren den erforderlichen technischen Reifegrad auf, um eine CO<sub>2</sub>-Abscheidung an einer Kehrrechtverwertungsanlage bis 2030 realisieren zu können. Aus diesem Grund wurde das Vorprojekt für diese beiden Technologien erarbeitet.

Das Vorprojekt wurde von Ramboll AG und TBF + Partner AG für die Verfahrenstechnik sowie von Oehrli Engineering und Marty Ingenieure AG für die Pipeline im Auftrag der KVA Linth gemeinsam entwickelt und erarbeitet. Ziel war es, sowohl die Grundlagen für den Variantenentscheid zwischen den beiden Abscheidetechnologien zu erarbeiten als auch eine umfassende Projektdefinition mit belastbaren Aussagen zu Kosten und Terminen zu erstellen. Da es sich um ein neuartiges Projekt mit «Leuchtturmcharakter» handelt, wurden für die Planung und Projektierung der Anlagentechnik sowie der Kostenermittlung mehrere Lieferanten beauftragt. Dieser Ansatz ermöglichte eine vertiefte Klärung technischer Details und den Vergleich von Verfahrenskonzepten.

Das Vorprojekt beinhaltet nicht nur die verfahrenstechnischen Komponenten wie die CO<sub>2</sub>-Abscheidung, sondern wurde vollständig für alle Gewerke erarbeitet. Dazu gehört neben der Anlagentechnik auch die Elektro-, die Bau- und Gebäudetechnik, als auch die Erschliessung der Anlage mit Betriebsmitteln und Reststoffen.

Die Hauptziele des Vorprojekts waren:

- Vergleich der beiden Abscheidetechnologien
- Bestätigung der technischen und räumlichen Machbarkeit
- Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten
- Aussagen zur Bewilligungsfähigkeit
- Erstellung einer Risikoanalyse
- Erstellung eines Grobterminplans, inkl. Realisierung
- Ermittlung der Auswirkungen auf die Energieauskopplung der KVA Linth

## **Transport und Speicherung**

Die Möglichkeiten für die Transport- und Speicherkette wurden parallel zu den Arbeiten des Vorprojekts analysiert. Die Untersuchungen im Bereich der internationalen Logistik und Speicherung basieren auf Gesprächen und ersten Richtpreisangeboten von diversen Anbietern. Sie werden laufend aktualisiert und weitergeführt und es werden bis auf weiteres mehrere Transportrouten und Speicherdestinationen betrachtet.

Für den internationalen CO<sub>2</sub>-Transport wurde der Einsatz von Bahnkesselwagen als technisch verfügbares und für die hohen Mengen geeignetes Transportmittel gewählt. Auch wenn der Bau einer europaweiten CO<sub>2</sub>-Pipeline-Infrastruktur in Diskussion ist, muss davon ausgegangen werden, dass zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme im Jahr 2030 noch kein Pipelinennetz zur Verfügung stehen wird. Der Transport mittels Lastwagen über die Strasse kann für kleine CO<sub>2</sub>-Mengen zweckmässig sein, ist für die vorliegende Projektgrösse in Kombination mit den grossen Distanzen jedoch nicht geeignet.

## **2.2 Allgemeine Betrachtungen**

### **Umwelt und Bewilligungsfähigkeit**

Das Projektteam startete im Vorprojekt den regelmässigen Austausch mit den kantonalen Behörden, insbesondere der Abteilung Umweltschutz und Energie des Kantons Glarus. Eine Herausforderung bei der Bewilligung liegt beim Thema Luftreinhaltung aufgrund neuartiger Emissionen, falls die Aminwäsche als Abscheideverfahren eingesetzt werden soll. Davon abgesehen sind gemäss aktuellen Absprachen keine bewilligungstechnischen Vorbehalte von Seiten Kanton zu erwarten.

## Projektrisiken

Bei der Erarbeitung der Risikoanalyse für das Projekt CCS Linth wurde der Fokus auf die übergeordneten Risiken gelegt, welche das Gesamtprojekt gefährden oder signifikant verzögern können.

Wie Abbildung 2 zeigt, wurden drei Hauptrisiken mit akutem Handlungsbedarf identifiziert. Bei einem dieser drei Risiken handelt es sich um das Bewilligungsverfahren der Aminwäsche bezogen auf die Emissionsthematik. Die anderen zwei Risiken finden sich im Bereich der Projektfinanzierung. Das eine finanzielle Risiko betrifft die Implementierung eines breit abgestützten Finanzierungsmechanismus. Das andere finanzielle Risiko betrifft die finanzielle Durchhaltefähigkeit des Projekts in Bezug auf benötigte Massnahmen nach Inbetriebnahme wie zum Beispiel ein Nachrüsten von Filtern oder Nachbesserungen, die den Betrieb der Abscheideanlage über längere Zeit massiv einschränken oder gar verhindern.

Jürg Liechi, Neosys 

**Risikomatrix**

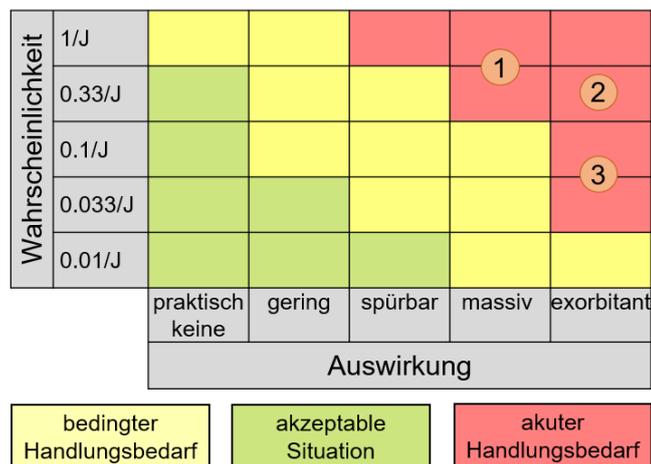


Abbildung 2 Risikomatrix. Eingezeichnet die drei Hauptrisiken mit akutem Handlungsbedarf. (1) Bewilligung Aminwäsche, (2) Finanzierungsmechanismus, (3) Finanzielle Durchhaltefähigkeit

## 2.3 Energetische Betrachtung

Basierend auf den beiden Abscheidesystemen wurde die energetische Integration der CCS-Anlage in die KVA und das Fernwärmenetz detailliert untersucht. Die Energiebetrachtungen basieren auf konservativen Annahmen; bei der Aminwäsche wird das eher energieintensive Monoethanolamin (MEA) eingesetzt und beim HPC-Verfahren wird auf jegliche Zusätze verzichtet. Damit die Abwärme des CCS-Systems und damit verbunden die Wärmerückgewinnung realistisch eingeschätzt werden konnte, wurden die Abwärmemengen mit je zwei Lieferanten pro Abscheideverfahren bestimmt.

Ziel war es, die von der KVA produzierte Energie und die anfallende Abwärme aus dem Abscheide- und Verdichtungsprozess optimal zu nutzen, um den Energieverlust des Gesamtsystems zu minimieren. Ein weiteres wichtiges Ziel war es, den Fernwärmebedarf auch nach Installation der CCS-Anlage decken zu können. Hierfür wurden zwei unterschiedliche Ausbaustufen

des Fernwärmenetzes betrachtet. Das Fernwärmenetz hat in der minimalen Ausbaustufe einen Wärmebedarf von 70 GWh/a, in der maximalen Ausbaustufe einen Wärmebedarf von 190 GWh/a.

Ohne CCS-Anlage wird die Fernwärme in der Simulation über Absorptionswärmepumpen aus Niedertemperaturwärme aus der Abgaskondensation sowie über Heizkondensatoren erzeugt. Mit integrierter CCS-Anlage soll die anfallende Abwärme vor den Heizkondensatoren eingebunden werden, damit die benötigte Fernwärmetemperatur mit den Heizkondensatoren erreicht werden kann.

Bei der Einbindung wird zwischen zwei Abwärmeströmen unterschieden. Heisse Abwärmeströme werden direkt in das Fernwärmenetz eingespeist, während Abwärmeströme, die auf einem tieferen Temperaturniveau liegen, über eine Wärmepumpe eingebunden werden. Bei den Niedertemperatur-Abwärmeströmen gibt der maximale Bedarf des Fernwärmenetzes die notwendige Leistung der Wärmepumpe vor. Die zwei Fernwärmeszenarien spiegeln sich darum in den zwei Ausbaustufen für die Abwärmenutzung mit Wärmepumpen. Nicht genutzte Abwärme wird rückgekühlt.

Basierend auf dem Wärmebedarf der zwei Fernwärmeszenarien wurde eine Jahressimulation durchgeführt, um die optimale energetische Integration zu finden und die energetischen Auswirkungen der CCS-Anlage auf die KVA Linth zu bestimmen.

## Ergebnisse

Bei der Erarbeitung der Wärmepumpen-Konfigurationen hat sich gezeigt, dass bei der Aminwäsche elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpen eingesetzt werden müssen. Der Grund dafür ist, dass bei Betrieb der Abscheidung und hoher Fernwärmelast nicht genügend Niederdruckdampf vorhanden wäre, um noch dampfgetriebene Absorptionswärmepumpen zu betreiben. Umgekehrt sind beim HPC-Verfahren Absorptionswärmepumpen sinnvoller, da aus eigener Produktion nicht genügend elektrische Leistung zur Verfügung stehen würde, um Kompressionswärmepumpen zu betreiben. Dies, weil das HPC-Verfahren als Input mehr Strom benötigt.

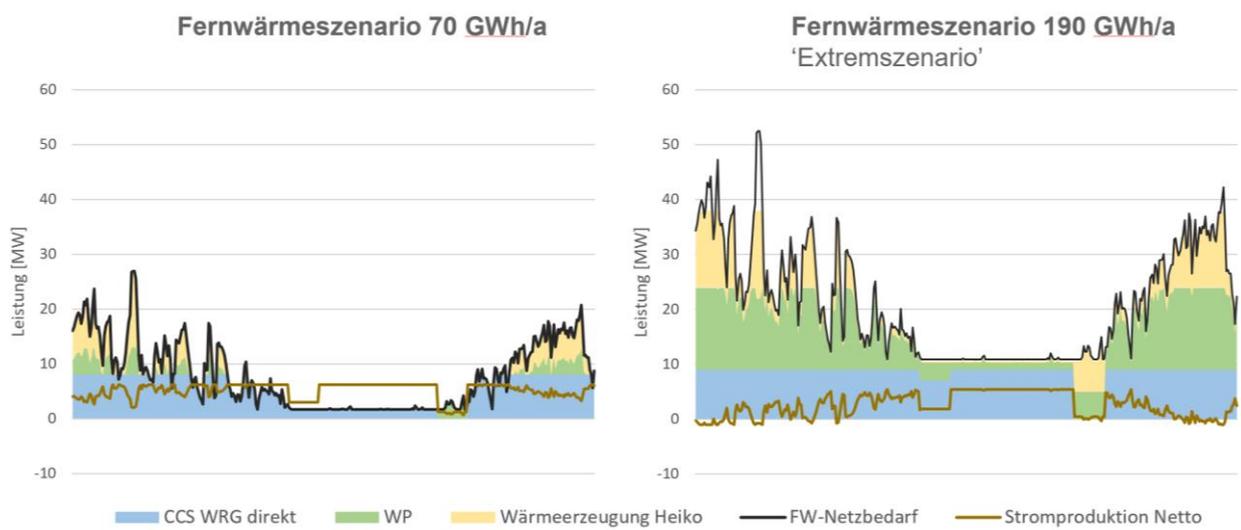


Abbildung 3 Exemplarische Jahressgangkurven für die beiden Fernwärmeszenarien von 70 GWh/a und 190 GWh/a anhand einer Aminwäsche-Konfiguration. Blau - direkte Wärmerückgewinnung; grün - Wärmeeinbindung mittels Wärmepumpen; gelb - Wärmeerzeugung Heizkondensatoren.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch für eine Aminwäsche-Konfiguration die Jahresgangkurven für die beiden Fernwärmeszenarien 70 und 190 GWh/a. Die schwarze Linie zeigt den benötigten Fernwärmebedarf. Die gefärbten Flächen zeigen auf, wie die Wärme bereitgestellt wird. Nicht ausgefüllte Bereiche können nicht bedient werden und müssen anderweitig gedeckt werden (Wärmespeicher, Spitzenlastkessel etc). Die braune Linie zeigt die Netto-Stromabgabe. Sie berechnet sich aus der Stromproduktion in der Turbine, welche vom Dampfbezug durch CCS und Fernwärme abhängt, abzüglich des Strombedarfs für den KVA-Betrieb und den Betrieb der Abscheidung, Verdichtung, Verflüssigung und Wärmepumpen.

Aus den Jahresgangsimulationen ging hervor, dass sowohl bei der Aminwäsche wie auch beim HPC-Verfahren die geforderte Fernwärme beinahe vollständig bereitgestellt werden kann. Dadurch lassen sich die beiden Abscheidungsverfahren anhand von nur einer Kennzahl vergleichen, da alles andere ungefähr konstant gehalten wird: die Menge an elektrischer Energie, die über ein Jahr nach Abzug aller Verbräuche (inkl. Wärmepumpe) und Produktionsverluste aufgrund der Dampfentnahme verkauft werden kann. In

Abbildung 4 ist diese verkaufte Strommenge für beide Abscheidetechnologien und für den Fall ohne CCS-Anlage dargestellt.

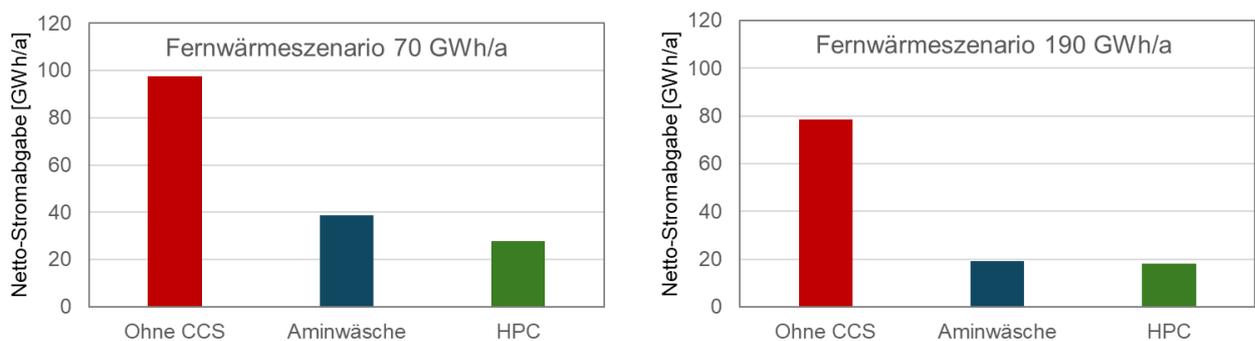


Abbildung 4 Jährliche Stromabgabe ohne CCS und mit den beiden Abscheidetechnologien für die beiden Fernwärmeszenarien 70 GWh/a (links) und 190 GWh/a (rechts)

Folgende wichtigen Erkenntnisse lassen sich aus diesen Simulationen gewinnen:

- Die Abscheidung kann ganzjährig unter Vollast betrieben werden und es kann gleichzeitig die benötigte Fernwärme bereitgestellt werden, selbst bei einem starken Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes.
- Beim Szenario mit tiefer Fernwärmeauskoppelung schneidet die Aminwäsche bzgl. Gesamtenergiebilanz etwas besser ab als das HPC-Verfahren. Beim Szenario mit hoher Fernwärmeauskoppelung schneiden die Verfahren praktisch gleich ab.
- Der Stromverkauf wird stark abnehmen. Dieser Rückgang ist höher als bisher angenommen und beläuft sich auf ungefähr  $500\text{-}570 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{t}_{\text{CO}_2, \text{flüssig}}$ .

## 2.4 Layout

Im Rahmen des Vorprojekts wurde die räumliche Machbarkeit für das Projekt CCS Linth von den Lieferanten beider Abscheidetechnologien bestätigt. Die Anordnung der Verfahrenstechnik innerhalb eines Gebäudes führt zu moderaten Mehrkosten (siehe Abschnitt 2.5), führt jedoch zu einer erheblichen Reduktion im Flächenbedarf.

### Standort KVA Linth

In Abbildung 5 ist das geplante CCS-Gebäude, das Abscheidung, Verdichtung und Abwärmenutzung enthält, mit dunkelroter Farbe hervorgehoben. Insbesondere am Standort der KVA Linth muss die Anlagen-, Elektro- und Gebäudetechnik aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse in einem Gebäude und über mehrere Stockwerke angeordnet werden.



Abbildung 5 Visualisierung CCS am Standort Linth (Abscheidung, Verdichtung und Abwärmenutzung)

Besonders für das HPC-Verfahren sind die engen räumlichen Bedingungen am Standort der KVA Linth herausfordernd, aber beherrschbar. Die engen Platzverhältnisse führen ebenfalls zu erschwerten Bedingungen während der Bauphase, welche eine geschickte Bauplanung voraussetzen.

Neben der Anlagentechnik sind auch die Bedürfnisse der Gebäude- und Elektrotechnik berücksichtigt. Das Gebäude wird so geplant, dass die Geschossebenen mit angrenzenden Abgasreinigungsgebäude übereinstimmen. Je nach Abscheidetechnologie sind 4 (Aminwäsche) oder 5 (HPC) Geschosse notwendig. Zusätzlich muss auf den Dachflächen die Rückkühlung für die Systeme untergebracht werden.

In Abbildung 6 ist der Querschnitt der Aufstellungsplanung der Aminwäsche sichtbar. Im Keller befindet sich hauptsächlich Anlagenteile der Abscheidung sowie die Gebäudetechnik. Im Erdgeschoss befindet sich die Elektrotechnik und die CO<sub>2</sub>-Trocknung. Im 1. OG befindet sich ein Besucher- und Kontrollraum sowie die CO<sub>2</sub>-Verdichtung. Das 2. OG beinhaltet Platz für die Wärmepumpen sowie die Abwärmezentrale. Die Kolonnen für Absorption und Desorption des CO<sub>2</sub> werden im Freien aufgestellt.

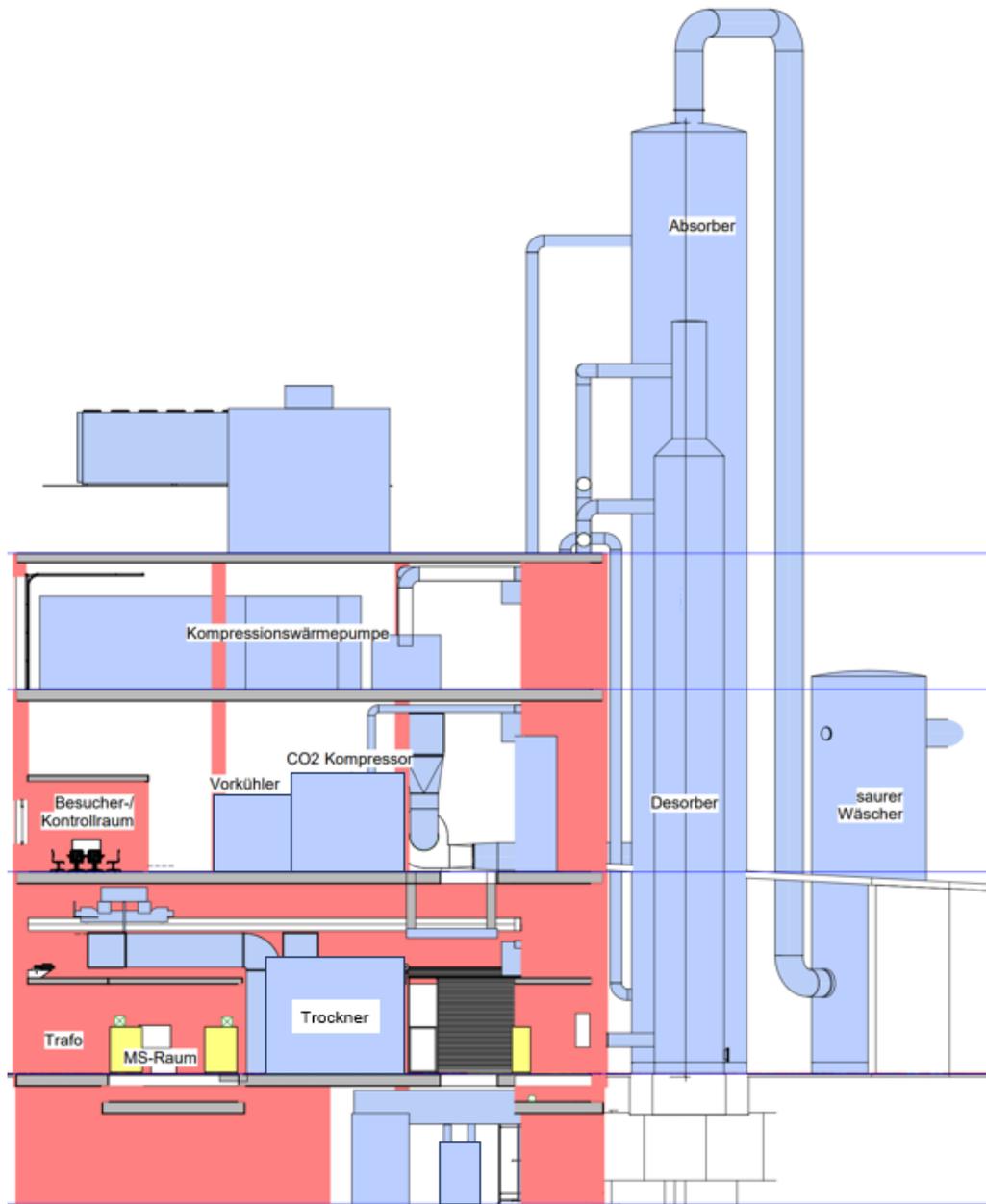


Abbildung 6 Layout CC-Gebäude Aminwäsche

In Abbildung 7 ist der Querschnitt der Aufstellungsplanung für das HPC-Verfahren sichtbar. Der Keller beinhaltet wie die Aminwäsche Anlagenteile der Abscheidung sowie die Gebäudetechnik. Das Grösste Bauteil im Gebäude des HPC-Verfahrens ist der Abgaskompressor, er wird ebenfalls im Keller aufgestellt. Aufgrund seiner Bauhöhe wird ein Durchbruch im Erdgeschoss benötigt. Mittels Krananlage im Erdgeschoss kann der Rauchgaskompressor gewartet werden. Aufgrund seines hohen Platzbedarfes wird im Erdgeschoss das Gebäude mit einem Anbau erweitert, in welchem sich mögliche Dampfkompressoren sowie Transformatoren und ein Rauchgaswärmetauscher befinden. Das 1. OG beinhaltet wie die Aminwäsche ein Besucher- und Kontrollraum sowie Wärmepumpen und Elektrotechnik. Im 2. OG befindet sich die Verdichtung und Trocknung sowie weitere Elektrotechnik. Das 3. OG dient als Abwärmezentrale. Die Absorber- und Desorberkolonnen werden wie bei der Aminwäsche im Freien aufgestellt.

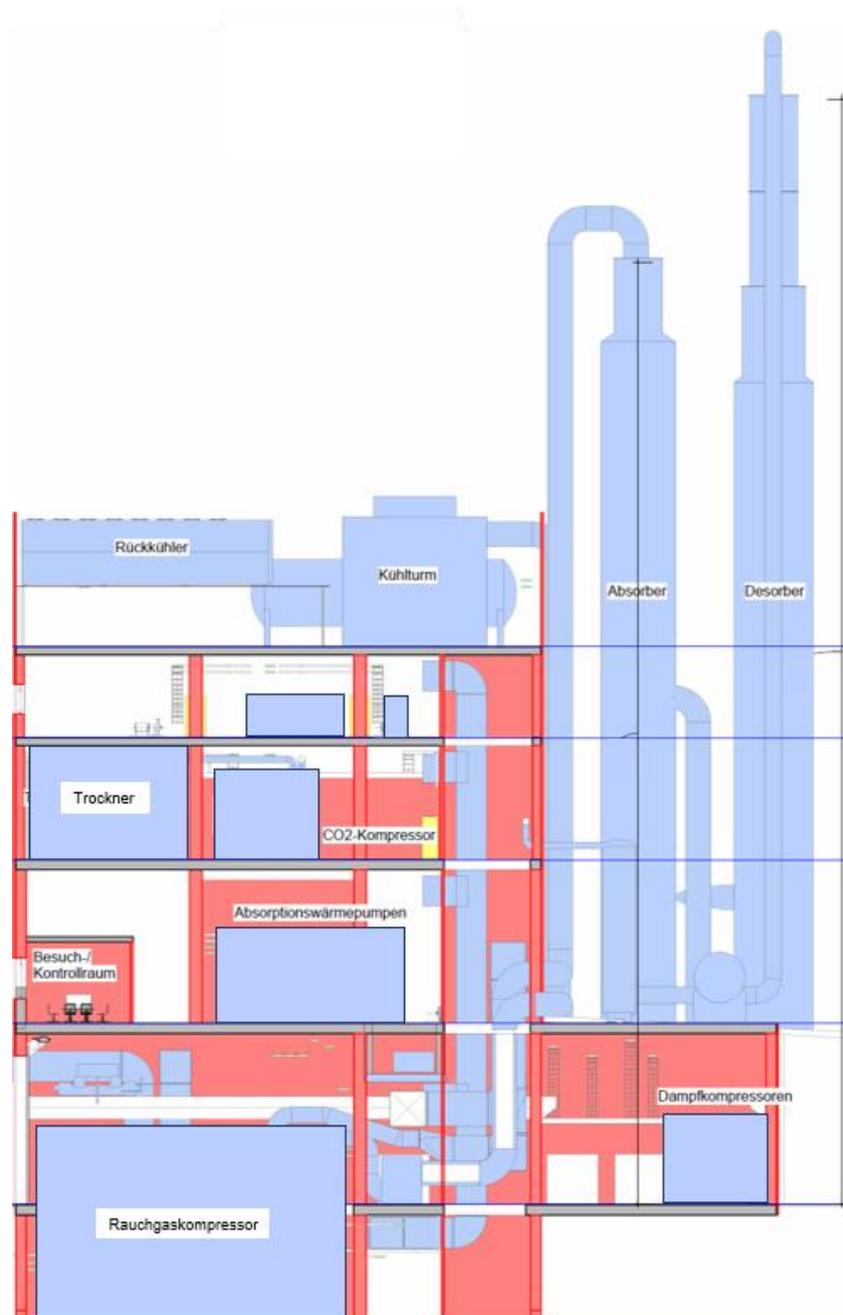


Abbildung 7 Layout HPC-Verfahren

Da der Platzbedarf des HPC-Verfahrens aufgrund des grossen Rauchgaskompressors höher ausfällt, wäre eine Nachrüstung von der Aminwäsche auf das HPC-Verfahren im Nachgang nur mit Vorinvestitionen möglich. Das Gebäude des HPC-Verfahrens hingegen würde auch der Aminwäsche genügend Platz bieten und würde eine spätere Umnutzung erlauben.

## Standort Weesen

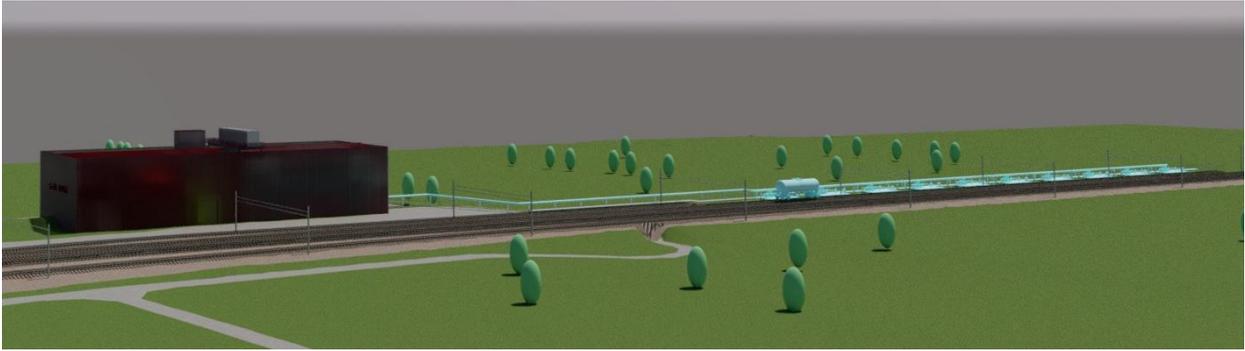


Abbildung 8 Visualisierung der Infrastruktur am Standort Weesen

Der Standort Weesen mit der Verflüssigungsanlage, den Zwischenspeichern und dem Bahnverlad ist in Abbildung 8 sichtbar. Abbildung 9 zeigt den Querschnitt der Aufstellungsplanung am Standort Weesen. Im geplanten Gebäude befindet sich die Verflüssigung mit Reinigung des CO<sub>2</sub>, die Zwischenspeicherung sowie eine CO<sub>2</sub>-Gasanalyse (Carboscan), Elektro- und Gebäudetechnik sowie Büroräumlichkeiten. Auf dem Dach des Gebäudes ist dabei die Rückkühlung der Abwärme aus der Verflüssigung vorgesehen. Für die Anlagentechnik der Verflüssigung ist zur Wartung eine Krananlage vorgesehen. Die Zwischenspeicher werden liegend auf zwei Ebenen ausgeführt und eingehaust, um die Bewilligungsfähigkeit zu erhöhen und allfällige Risiken für Einsparungen zu minimieren. Zusätzlich zum Bahnverlad wird eine LKW Ver- und Entladestation mitgedacht.

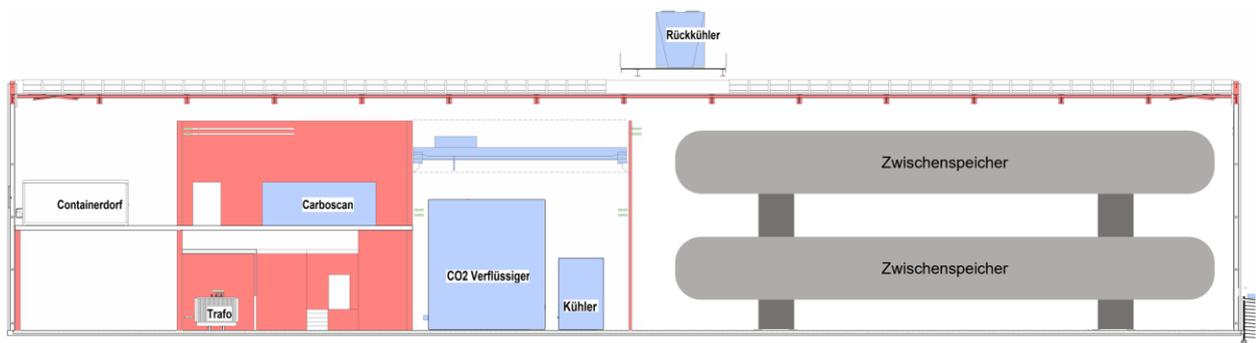


Abbildung 9 Layout Standort Weesen (Verflüssigung, Zwischenspeicherung und Bahnverlad)

## 2.5 Investitionskosten (CapEx)

Basierend auf Lieferantenangaben und Berechnungen der Planungsfirmen wurden im Vorprojekt die folgenden Investitionskosten ermittelt (dargestellt sind nur die Hauptgruppen gemäss Baukostenplan, Preisstand Q4 2024, ohne MwSt.).

| BKP Position                               | Standort Linth         | Standort Linth         | Pipeline              | Standort              | Gesamtkosten           | Gesamtkosten           |
|--------------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|                                            | Aminwäsche             | HPC                    |                       | Weesen                | Aminwäsche             | HPC                    |
| 1 Vorbereitungsarbeiten                    |                        | CHF 1'240'000          | CHF 0                 | CHF 250'000           | <b>CHF 1'490'000</b>   |                        |
| 2 Gebäude                                  | CHF 7'230'000          | CHF 7'890'000          | CHF 0                 | CHF 4'350'000         | <b>CHF 11'580'000</b>  | <b>CHF 12'240'000</b>  |
| 3 Betriebseinrichtungen                    | CHF 71'340'000         | CHF 83'090'000         | CHF 11'950'000        | CHF 27'470'000        | <b>CHF 110'750'000</b> | <b>CHF 122'510'000</b> |
| 4 Umgebung                                 | -                      | -                      | CHF 50'000            | CHF 340'000           | <b>CHF 380'000</b>     |                        |
| 5 Baunebenkosten                           | CHF 14'210'000         | CHF 16'420'000         | -                     | CHF 6'170'000         | <b>CHF 20'370'000</b>  | <b>CHF 22'580'000</b>  |
| 7 Unvorhergesehenes, Reserve<br>& Diverses | CHF 9'300'000          | CHF 10'580'000         | CHF 1'200'000         | CHF 3'490'000         | <b>CHF 14'440'000</b>  | <b>CHF 15'720'000</b>  |
| <b>Total (+/- 25%)</b>                     | <b>CHF 103'000'000</b> | <b>CHF 119'000'000</b> | <b>CHF 13'000'000</b> | <b>CHF 43'000'000</b> | <b>CHF 159'000'000</b> | <b>CHF 175'000'000</b> |

## 2.6 Betriebskosten (OpEx)

Die Betriebskosten wurden im Rahmen des Vorprojekts wie folgt abgeschätzt. Sie hängen von den getroffenen Annahmen ab und können sich in Zukunft ändern (z.B. Energiepreise).

### Betriebskosten (Fernwärmeszenario 70 GWh/a, Preisstand Q4 2024, ohne MwSt.)

|                                                                                                                       | Aminwäsche                    | HPC                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| KVA Linth gesamt                                                                                                      | 6'600'000 CHF/a               | 7'480'000 CHF/a               |
| <i>Personalaufwand / Wartung und Unterhalt (inkl. Elektro- und Gebäudetechnik) / Übrige betriebliche Aufwendungen</i> | <i>1'190'000 CHF/a</i>        | <i>1'080'000 CHF/a</i>        |
| <i>CO<sub>2</sub>-Abscheidung</i>                                                                                     | <i>4'150'000 CHF/a</i>        | <i>5'550'000 CHF/a</i>        |
| <i>davon Lösungsmittel (MEA oder HPC)</i>                                                                             | <i>230'000 CHF/a</i>          | <i>20'000 CHF/a</i>           |
| <i>davon Strombedarf</i>                                                                                              | <i>330'000 CHF/a</i>          | <i>2'490'000 CHF/a</i>        |
| <i>davon Niederdruckdampf</i>                                                                                         | <i>1'930'000 CHF/a</i>        | <i>1'170'000 CHF/a</i>        |
| <i>Verdichtung</i>                                                                                                    | <i>1'210'000 CHF/a</i>        | <i>1'230'000 CHF/a</i>        |
| <i>Abwärmenutzung (inkl. Wärmeverkauf)</i>                                                                            | <i>50'000 CHF/a</i>           | <i>-380'000 CHF/a</i>         |
| Pipeline gesamt                                                                                                       | 160'000 CHF/a                 |                               |
| Weesen gesamt                                                                                                         | 2'700'000 CHF/a               |                               |
| <i>Personalaufwand / Wartung und Unterhalt (inkl. Elektro- und Gebäudetechnik) / Übrige betriebliche Aufwendungen</i> | <i>1'500'000 CHF/a</i>        |                               |
| <i>Verflüssigung</i>                                                                                                  | <i>980'000 CHF/a</i>          |                               |
| <i>davon Strombedarf</i>                                                                                              | <i>820'000 CHF/a</i>          |                               |
| <i>Zwischenspeicherung &amp; Bahnverlad</i>                                                                           | <i>220'000 CHF/a</i>          |                               |
| <b>Total Betriebskosten</b> (Abscheidung, Verdichtung, Verflüssigung und Verlad ohne Amortisation)                    | <b>9'500'000 CHF/a</b>        | <b>10'300'000 CHF/a</b>       |
|                                                                                                                       | <b>78 CHF/tco<sub>2</sub></b> | <b>84 CHF/tco<sub>2</sub></b> |

## 2.7 Gesteungskosten

Basierend auf den oben gezeigten Investitionskosten (Kapitel 2.5) von CHF 159 Mio. für die Aminwäsche und CHF 175 Mio. für das HPC-Verfahren und den Betriebskosten (Kapitel 2.6) von 78 CHF/t<sub>CO2</sub> für die Aminwäsche resp. 84 CHF/t<sub>CO2</sub> für das HPC-Verfahren wurden die Gesteungskosten für das Projekt CCS Linth, wie in Abbildung 10 dargestellt, berechnet (Preisstand Q4 2024, ohne MwSt.). Der kalkulatorische Zinssatz wurde dabei gemäss Empfehlung vom BFE für Fernwärmeanlagen auf 4.6 % und die Abschreibedauer auf 25 Jahre gesetzt. Der Transport und die Speicherung des CO<sub>2</sub> sind nicht miteinberechnet.

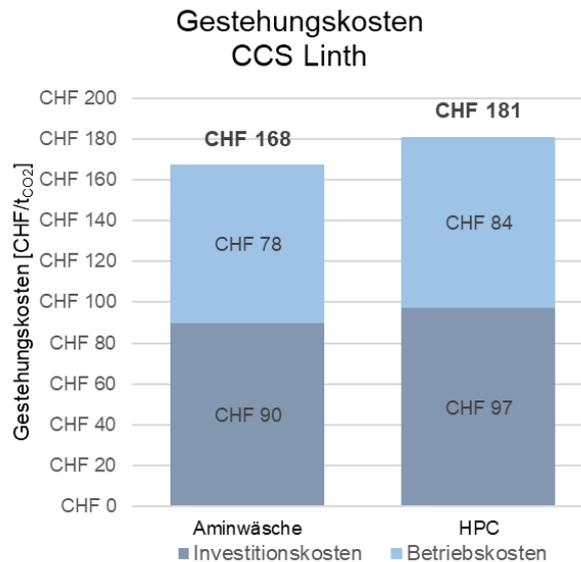


Abbildung 10 Gesteungskosten CCS Linth ohne Transport und Einlagerung (Preisstand Q4 2024, ohne MwSt.)

Basierend auf Gesprächen und ersten Richtpreisangeboten für den Transport, CO<sub>2</sub>-Hub-Dienstleistungen und die Speicherung, wird aktuell geschätzt, dass sich die Gesteungskosten für die gesamte Prozesskette bis und mit Speicherung auf ca. 340-390 CHF pro Tonne physisch gespeichertem CO<sub>2</sub> belaufen werden. Eine Lebenszyklusanalyse für das konkrete Projekt CCS Linth ist aktuell bei der ETH Zürich in Bearbeitung. Dabei wird berechnet wird, wieviel CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Prozesskette selbst verursacht werden, um die genaue Klimawirkung zu beziffern.

## 2.8 Verfahrensgegenüberstellung

Basierend auf den Erkenntnissen aus dem Vorprojekt und zahlreichen Lieferantengesprächen und Anlagenbesuchen hat das Team des CO<sub>2</sub> Kompetenzzentrum die beiden Abscheideverfahren gegenübergestellt. Es wurden Kriterien definiert, welche anschliessend gewichtet und bewertet wurden. Abbildung 1 zeigt grafisch dargestellt die aktuelle, ungewichtete Bewertung anhand von übergeordneten Kriterien.

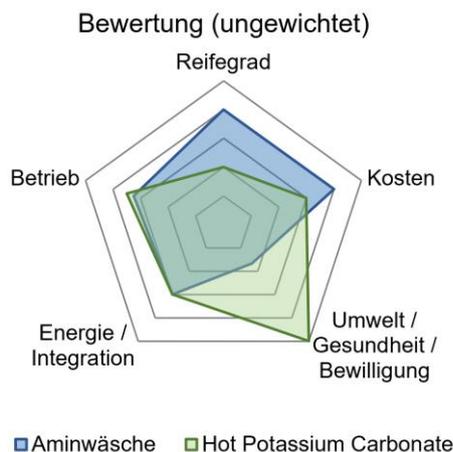


Abbildung 11: Ungewichtete Bewertung der beiden Abscheidetechnologien Aminwäsche und HPC-Verfahren anhand von übergeordneten Kriterien.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Aminwäsche vor allem im Bereich der Kosten und des Reifegrads besser bewertet wurde als das HPC-Verfahren. In den Bereichen Betrieb/Energie/Integration halten sich die Unterkriterien die Waage, so dass das Ergebnis vergleichbar ist. Im Bereich der Umwelt- und Gesundheitsrisiken, Akzeptanz und Bewilligungsfähigkeit schneidet das HPC-Verfahren aufgrund der ungiftigen Waschlösung klar besser ab. Da dieser Bereich durch die KVA Linth hoch gewichtet wurde, erzielt das HPC-Verfahren eine höhere Gesamtbewertung.

Diese Ergebnisse wurden dem Verwaltungsrat der KVA Linth vorgestellt und dieser stützt die Bewertung vollumfänglich und unterstreicht insbesondere die Wichtigkeit und hohe Gewichtung der Umweltthemen für die KVA Linth.

Aktuell wird für das Projekt CCS Linth daher das HPC-Verfahren bevorzugt. Dieses Ergebnis widerspiegelt den aktuellen Wissensstand und basiert auf standortspezifischen Überlegungen; es kann nicht ohne Anpassungen verallgemeinert oder auf andere Anlagen übertragen werden. Falls sich neue Erkenntnisse zu den Verfahren ergeben, behalten wir uns zudem vor, die Bewertung neu vorzunehmen und entsprechend anzupassen.

### 3 Ausblick

Der Terminplan zur Einhaltung der Branchenvereinbarung ist äusserst herausfordernd. Aus Projektsicht wäre eine Umsetzung bis 2030 möglich, allerdings sind die nötigen Rahmenbedingungen dafür momentan nicht gegeben. Die Finanzierung des Projekts und die Absicherung der Risiken sind noch nicht vorhanden und es liegt auch keine Finanzierung für die nächsten Planungsschritte vor. Damit das Projekt vom Zweckverband der KVA Linth bewilligt wird, müssen die wirtschaftlichen, rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen entsprechend ausgestaltet sein. Dazu gehört, dass nicht nur der Bau, sondern auch der Betrieb über einen zu definierenden Zeitraum gesichert ist. Zum jetzigen Zeitpunkt ist daher keine verlässliche Aussage zum Inbetriebnahme-Termin möglich.

Ab dem Zeitpunkt, an dem die Rahmenbedingungen gegeben sind, muss mit einer Zeitspanne von ungefähr 5.5 Jahren bis zur Inbetriebnahme gerechnet werden. Wenn eine Zwischenfinanzierung von 5-10 Mio. CHF für die Planung früher vorliegt, können gewisse Planungsschritte vorgezogen werden. Wie stark die Zeitschiene dann verkürzt werden kann, kann jedoch noch nicht genau beziffert werden, da z.B. konkrete Vertragsverhandlungen mit den Lagerstätten, Terminals etc. erst gestartet werden können, wenn die Finanzierung geklärt und die Umsetzung absehbar ist.

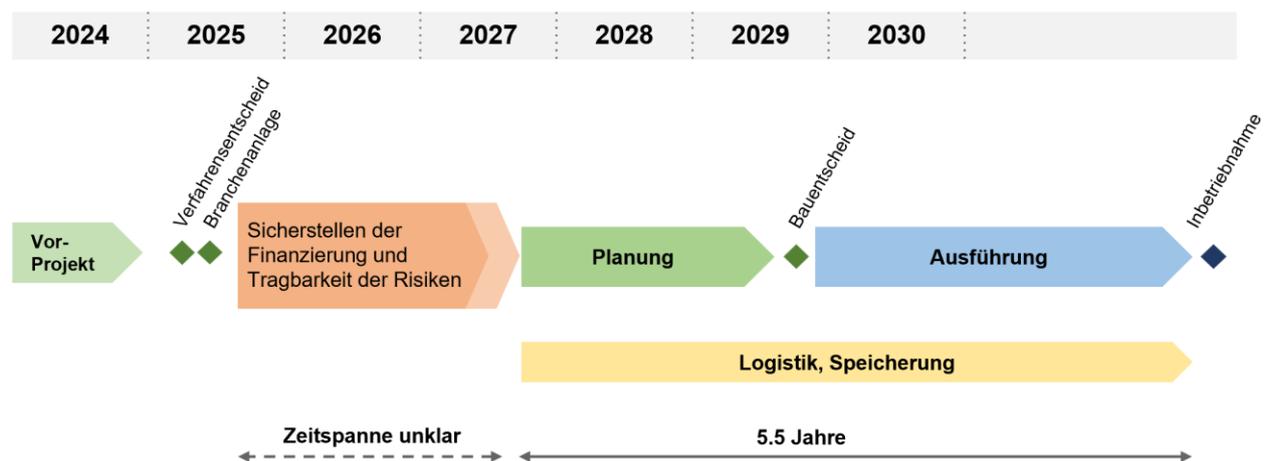


Abbildung 12: Zeitschiene CCS Linth. Aktuell ist der Inbetriebnahme-Termin aufgrund der noch zu erarbeitenden Rahmenbedingungen unsicher.