

## Installation eines Rückverflüssigers in die Trockeneisproduktion

### Deckblatt

Dokumentversion	V3-1
Datum	18.07.2022

Gesuchsteller (Unternehmen) <sup>1</sup>	PanGas AG
Name, Vorname	Baumann Joachim
Strasse, Nr.	Industriepark 10
PLZ, Ort	CH-6252 Dagmersellen
Tel.	+41 58 748 17 17
E-Mail-Adresse	<a href="mailto:joachim.baumann@pangas.ch">joachim.baumann@pangas.ch</a>

Projektentwickler (Unternehmen)	Neosys AG
Name, Vorname	Liechti Jürg
Kontaktperson für Rückfragen (an Stelle von Gesuchsteller)?	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Tel.	+41 32 674 45 25
E-Mail-Adresse	<a href="mailto:jueg.liechti@neosys.ch">jueg.liechti@neosys.ch</a>

### Gesuch

- Ersteinreichung (Art. 7 CO<sub>2</sub>-Verordnung)
- erneute Validierung zur Verlängerung der Kreditierungsperiode (Art. 8a CO<sub>2</sub>-Verordnung)
- erneute Validierung aufgrund einer wesentlichen Änderung (Art. 11 Abs. 3 CO<sub>2</sub>-Verordnung)

<sup>1</sup> Hinweis: Sollte der Gesuchsteller im Laufe des Projektes ändern, so ist dies dem BAFU schriftlich mitzuteilen.

## Inhalt

1	Angaben zum Projekt/Programm.....	3
1.1	Projekt-/Programmzusammenfassung .....	3
1.2	Typ und Umsetzungsform .....	4
1.3	Projektstandort .....	4
1.4	Beschreibung des Projektes/Programmes .....	5
1.4.1	Ausgangslage .....	5
1.4.2	Projekt-/Programmziel .....	5
1.4.3	Technologie .....	5
1.5	Referenzszenario .....	6
1.6	Termine.....	7
2	Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten und Vermeidung von Doppelzählung .....	8
2.1	Finanzhilfen .....	8
2.2	Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO <sub>2</sub> -Abgabe befreit sind .....	8
2.3	Doppelzählung aufgrund anderweitiger Abgeltung des ökologischen Mehrwerts .....	8
3	Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen.....	9
3.1	Systemgrenze und Emissionsquellen .....	9
3.2	Einflussfaktoren .....	10
3.2.1	Politische Rahmenbedingungen .....	10
3.2.2	Emissionsfaktoren .....	10
3.3	Leakage.....	11
3.4	Projektmissionen/Emissionen der Vorhaben.....	11
3.5	Referenzentwicklung .....	13
3.6	Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante) .....	13
4	Nachweis der Zusätzlichkeit .....	15
5	Aufbau und Umsetzung des Monitorings.....	18
5.1	Beschreibung der gewählten Nachweismethode .....	18
5.2	Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen.....	18
5.2.1	Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen.....	18
5.2.2	Wirkungsaufteilung .....	19
5.3	Datenerhebung und Parameter.....	20
5.3.1	Fixe Parameter .....	20
5.3.2	Dynamische Parameter und Messwerte.....	20
5.3.3	Plausibilisierung der Daten und Berechnungen .....	21
5.3.4	Überprüfung der Einflussfaktoren und der ex-ante definierten Referenzentwicklung .....	25
5.4	Prozess- und Managementstruktur .....	25
6	Sonstiges .....	26
7	Kommunikation zum Gesuch und Unterschriften .....	27
7.1	Einverständniserklärung zur Veröffentlichung der Unterlagen.....	27
7.2	Unterschriften .....	28
	Anhang .....	29

# 1 Angaben zum Projekt/Programm

## 1.1 Projektzusammenfassung

Die PanGas AG produziert Trockeneis. Dieses besteht aus gepresstem CO<sub>2</sub>-Schnee, der beim Entspannen von flüssigem CO<sub>2</sub> bei tiefen Temperaturen entsteht. Bei der Trockeneisproduktion kommt es auch zur Emission von gasförmigem CO<sub>2</sub>, weil der Wärmeentzug, den das Trockeneis zum Gefrieren benötigt, durch die Verdampfung von flüssigem CO<sub>2</sub> erzeugt wird. Dieses gasförmige CO<sub>2</sub> entweicht normalerweise in die Atmosphäre.

Das Projekt besteht darin, das gasförmige CO<sub>2</sub> aufzufangen und mit einer Rückverflüssigung wieder in den Produktionsprozess zurückzuführen. Dadurch wird primär zugekauft CO<sub>2</sub> eingespart, und am Standort der Anlage in Dagmersellen wird eine CO<sub>2</sub>-Emission vermindert.

Wenn das primär zugekaufte CO<sub>2</sub> selber als 'Abfallprodukt' einem chemischen Prozess entnommen wird, dann würde die erwähnte Einsparung von primär zugekauftem CO<sub>2</sub> mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass am Standort dieses chemischen Prozesses das CO<sub>2</sub> nicht mehr als Produkt verkauft, sondern in die Atmosphäre entlassen würde. In diesem Falle würde Leakage vorliegen, welches den Emissionsminderungseffekt in Dagmersellen kompensiert. Das primär zugekaufte CO<sub>2</sub> stammt im Falle von PanGas aber nachweislich aus einer geogenen Quelle. Somit liegt kein Leakage vor.

Der Referenzzustand des Projekts besteht darin, die bestehende Anlage, so wie sie heute funktioniert weiter laufen zu lassen. Dieser Betrieb ist gesetzeskonform und entspricht dem Stand der Technik. Er geht insofern sogar über den Stand der Technik hinaus, als dass in der Vergangenheit aus Marketing-Gründen bereits einmal ein kleinerer Rückverflüssiger installiert worden war. Im Projekt wird ein zusätzlicher Rückverflüssiger installiert und die Anlage wird mit dem alten und dem neuen Rückverflüssiger zusammen betrieben.

Die Installation und der Betrieb eines Rückverflüssigers sind unrentabel, weil der Ankaufspreis des flüssigen CO<sub>2</sub> massiv zu tief ist, um die Investition in den Rückverflüssiger innert vernünftiger Zeit zu amortisieren. Da im Referenzzustand nichts investiert wird, und da auch die Mengen des verkauften Trockeneises durch das Projekt nicht beeinflusst werden, wird der Additionalitätsnachweis in Form der Benchmark-Analyse (Option 3) durchgeführt. Der IRR des Projekts ist negativ und erst der Zusatzertrag aus dem Verkauf von CO<sub>2</sub>-Kompensationsbescheinigungen macht das Projekt wirtschaftlich. PanGas wurde zudem auch dadurch zu dem Projekt motiviert, dass der Rückverflüssiger eine Occasion ist, die zu einem deutlich tieferen Preis beschafft werden kann. Dafür liegt andererseits die Projektdauer lediglich bei der Rest-Lebensdauer des Rückverflüssigers, d. h. bei 11 Jahren.

Das Monitoring ist im Prinzip sehr einfach, da die zusätzlich zurückgeführte Menge CO<sub>2</sub> genau der eingesparten Menge von emittiertem gasförmigem CO<sub>2</sub> entsprechen muss (Herleitung siehe Kapitel 4). Der Rückverflüssiger muss deshalb mit einem Durchflusszähler für flüssiges CO<sub>2</sub> ausgerüstet werden. Weitere Messungen dienen der Plausibilisierung. Details siehe Kapitel 5.

## 1.2 Typ und Umsetzungsform

Typ	<input type="checkbox"/> 1.1 Nutzung und Vermeidung von Abwärme <input type="checkbox"/> 2.1 Effizientere Nutzung von Prozesswärme beim Endnutzer oder Optimierung von Anlagen <input type="checkbox"/> 2.2 Energieeffizienzsteigerung in Gebäuden <input type="checkbox"/> 3.1 Nutzung von Biogas <input type="checkbox"/> 3.2 Wärmeerzeugung durch Verbrennen von Biomasse mit und ohne Fernwärme <input type="checkbox"/> 3.3 Nutzung von Umweltwärme <input type="checkbox"/> 3.4 Solarenergie <input type="checkbox"/> 3.5 Netz-unabhängiger Stromeinsatz <input type="checkbox"/> 4.1 Brennstoffwechsel bei Prozesswärme <input type="checkbox"/> 5.1 Effizienzverbesserung im Personentransport oder Güterverkehr <input type="checkbox"/> 5.2 Einsatz von flüssigen biogenen Treibstoffen <input type="checkbox"/> 5.3 Einsatz von gasförmigen biogenen Treibstoffen <input type="checkbox"/> 6.1 Abfackelung bzw. energetische Nutzung von Methangas <input type="checkbox"/> 6.2 Methanvermeidung aus biogenen Abfällen <input type="checkbox"/> 6.3 Methanvermeidung durch Einsatz von Futtermittelzusatzstoffen in der Landwirtschaft <input type="checkbox"/> 7.1 Vermeidung und Substitution synthetischer Gase (HFC, NF <sub>3</sub> , PFC oder SF <sub>6</sub> ) <input type="checkbox"/> 8.1 Vermeidung und Substitution von Lachgas (N <sub>2</sub> O) <input type="checkbox"/> 9.1 Biologische CO <sub>2</sub> -Sequestrierung in Holzprodukten <input checked="" type="checkbox"/> andere: CO <sub>2</sub> -Abscheidung und Nutzung, in Substitution von geogenem CO <sub>2</sub>
-----	---

### Umsetzungsform

Einzelnes Projekt

Projektbündel

Programm

## 1.3 Projektstandort

Der Projektstandort ist auf dem Gelände der PanGas AG in Dagmersellen (LU). Das Projekt ist in der Trockeneis-Produktion der Firma angesiedelt



Abbildung 1: Übersicht Produktionsstandort Dagmersellen

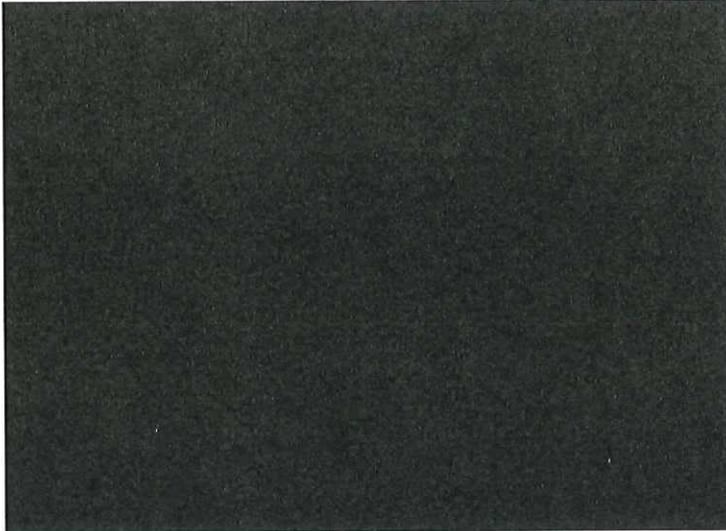


Abbildung 2: Standort der Anlage

## 1.4 Beschreibung des Projektes/Programmes

### 1.4.1 Ausgangslage

Die PanGas AG ist eine schweizweit führende Herstell- und Vertriebs-Unternehmung für technische Gase. Sie gehört zur Linde-Gruppe. PanGas produziert unter anderem auch Trockeneis. Dieses beliebte Kühlmittel für verschiedenste Anwendungen ist festes (gefrorenes) Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). CO<sub>2</sub> hat seinen Tripelpunkt bei ca. -57°C und 5.2 bar. Das heisst, es kann unter atmosphärischen Bedingungen nicht in flüssiger Form existieren, sondern sublimiert bei -78.5°C direkt vom festen in den gasförmigen Zustand. Umgekehrt kann unter Druck verflüssigtes CO<sub>2</sub> durch Entspannen bei tiefen Temperaturen in festen Kohlendioxidschnee übergeführt werden. Der Schnee kann anschliessend unter hohem Druck komprimiert werden, so dass Blöcke oder Pellets entstehen.

### 1.4.2 Projekt-/Programmziel

Bei der Trockeneisproduktion geht eine gewisse Menge CO<sub>2</sub> als Gas verloren, d.h. entweicht in die Atmosphäre. Diese CO<sub>2</sub>-Verluste könnten durch die Installation eines CO<sub>2</sub>-Rückverflüssigers vermindert werden. Das so zurückgewonnene CO<sub>2</sub> kann an den Beginn des Prozesses zurückgeführt und für die weitere Produktion von Trockeneis verwendet werden. Es ersetzt dann CO<sub>2</sub>, welches sonst von PanGas extern beschafft wird. Gleichzeitig vermindert sich die Emission von gasförmigem CO<sub>2</sub> aus der Trockeneisproduktion.

Da das CO<sub>2</sub> ursprünglich aus fossilen Quellen stammt, bedeutet die Rückgewinnung und Weiterverwendung des verlorenen CO<sub>2</sub> eine effektive Emissionsverminderung von fossilem CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre, das heisst es liegt kein Leakage vor.

In einer herkömmlichen Trockeneisproduktion wird kein solcher Rückverflüssiger angewendet, weil die Installation einer entsprechenden Anlage unter heutigen Marktbedingungen nicht wirtschaftlich ist. Dank der Wirkung des neuen Rückverflüssigers können Emissionen von ca. 1'250 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart werden.

### 1.4.3 Technologie

Ein Funktionsbeschreibung der Rückverflüssiger-Technologie ist in Anhang A1-1 gegeben. Das bei der Trockeneisproduktion entweichende CO<sub>2</sub> wird aufgefangen und in einem Ballon gasförmig zwischengelagert. Wenn der Ballon-Zwischenspeicher voll ist, werden der CO<sub>2</sub>-Kompressor und der Verflüssiger gestartet. Strömt nicht genug CO<sub>2</sub> Gas in den Zwischenspeicher nach leert sich der Speicher.

Ist der Füllstand des Ballon-Zwischenspeichers zu niedrig, wird die Verflüssigung gestoppt, bis der Ballon-Zwischenspeicher wieder gefüllt ist. Ist der Ballon-Zwischenspeicher wieder gefüllt, wird der Verflüssigungsprozess wieder gestartet.

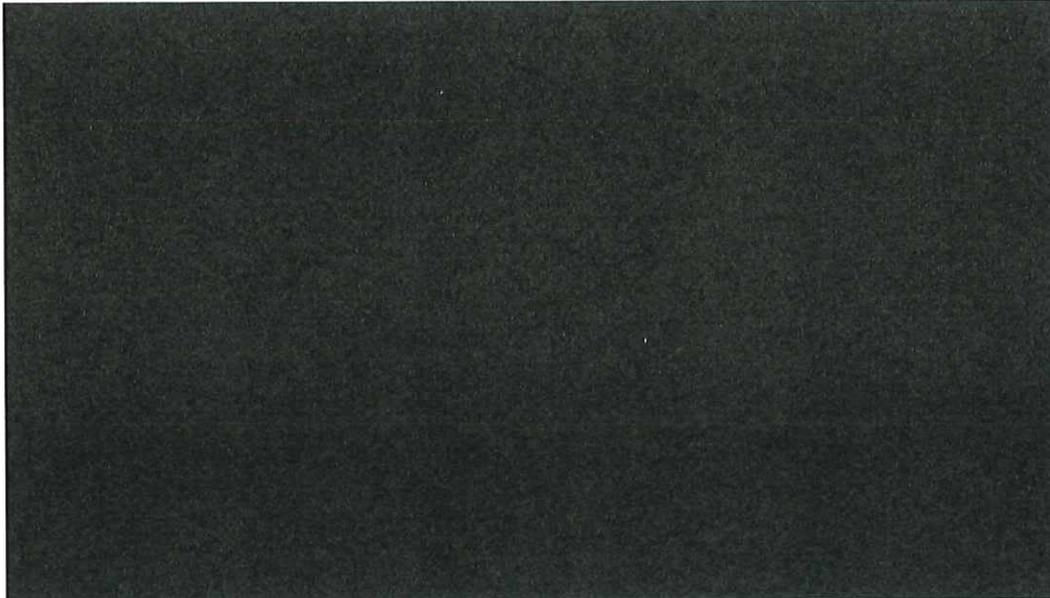


Abbildung 3: Ballon-Speicher mit Kompressor und Verflüssiger

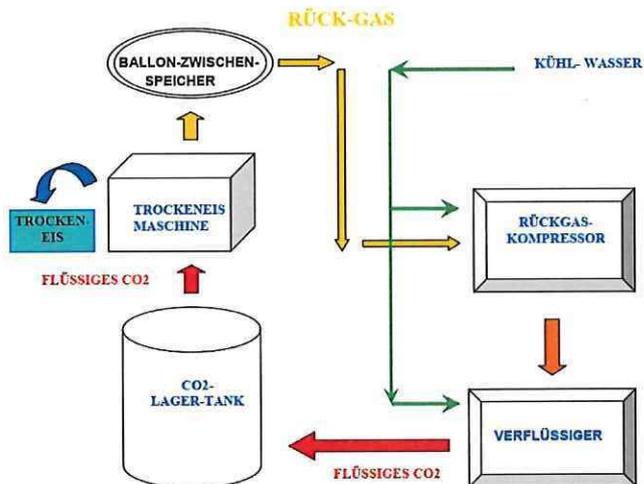


Abbildung 4: Ablaufprozess der Rückverflüssigung (siehe Anhang A1-1)

## 1.5 Referenzszenario

### Szenario 1:

Der neue Rückverflüssiger wird nicht beschafft und nicht eingebaut. Die Trockeneisproduktion läuft im heutigen Modus, mit dem bestehenden kleinen Rückverflüssiger weiter. Dieser Modus entspricht dem Stand der Technik und ist gesetzeskonform. Es gibt keinerlei Zwang, überhaupt einen Rückverflüssiger standardmässig einzubauen.

Wir erachten dieses Szenario als das wahrscheinlichste.

### Szenario 2:

## Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

Der Rückverflüssiger wird auch ohne Vergütung der Kompensationen beschafft, um geogenes CO<sub>2</sub> einzusparen. Aufgrund der Kostensituation des CO<sub>2</sub> und aufgrund der nötigen Investitionen ist dies hochgradig unwirtschaftlich. Deshalb erachten wir dieses Szenario als unwahrscheinlich.

Der bestehende kleine Rückverflüssiger wurde seinerzeit entgegen der wirtschaftlichen Logik ohne CO<sub>2</sub>-Projekt gebaut. Es handelte sich damals um ein Demonstrationsprojekt, mit welchem die PanGas AG aus Marketinggründen ihr Engagement für den Klimaschutz betonen wollte, das aber tatsächlich nie wirtschaftlich betrieben werden konnte. Die Idee, weitere Rückverflüssiger zu bauen, wurde in der Folge vom Management konsequent abgelehnt. Erst die Möglichkeit, mittels Kompensationsbescheinigungen einen Zusatzertrag zu erwirtschaften, hat dieser Idee wieder Auftrieb gegeben.

### Szenario 3:

Der bisherige Einkauf von Quellkohlenensäure (geogenes, fossiles CO<sub>2</sub>) wird durch den Einkauf von CO<sub>2</sub> aus Abfallprozessen ersetzt. Damit würde der Emissionsminderungseffekt des Projekts durch Leakage kompensiert und das Projekt dadurch hinfällig gemacht. Der Ersatz von Quellkohlenensäure durch CO<sub>2</sub> aus Abfall-Herkunft hätte zudem wirtschaftliche Vorteile, da Quellkohlenensäure wegen der langen Transportdistanzen teurer ist.

Es gibt aber derzeit weltweit zu wenig CO<sub>2</sub> das als Abfall aus der chemischen Produktion anfällt. Bei Lieferengpässen aus solchen Quellen, aber zum Teil auch standardmässig, muss immer wieder auf CO<sub>2</sub> aus geogenen CO<sub>2</sub>-Quellen («natürliche Kohlenensäure») ausgewichen werden. Für die Trockeneisproduktion in Dagmersellen ist dies nachweislich der Fall. Wir erachten das Szenario 3 deshalb ebenfalls als unwahrscheinlich.

Wir wählen Szenario 1 als Referenzszenario

## 1.6 Termine

Termine	Datum	Spezifische Bemerkungen
Umsetzungsbeginn	Noch nicht erfolgt (Annahme vor Validierung 01.12.2021)	Bei der Eingabe des Projekteschriebs zur Validierung wurde der Umsetzungsbeginn nach Validierung als voraussichtlicher Termin per 01.12.2021 angenommen. Durch Verzögerungen bei der Validierung ist der Umsetzungsbeginn noch nicht erfolgt.
Wirkungsbeginn	01.04.2022	Voraussichtlicher Termin (Inbetriebnahmeprotokoll)

	Anzahl Jahre	Spezifische Bemerkungen
Dauer des Projektes/Programms in Jahren:	11 Jahre und 1 Monat	Auf Basis des voraussichtlichen Umsetzungsstermins. Das Projekt endet mit der Abschreibedauer des Rückverflüssigers am 31.12.2032

	Datum	Spezifische Bemerkungen
Beginn 1. Kreditierungsperiode:	01.12.2021	Voraussichtlicher Termin
Ende 1. Kreditierungsperiode:	30.11.2028	

## 2 Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten und Vermeidung von Doppelzählung

### 2.1 Finanzhilfen

Gibt es für das Projekt/Programm bzw. Vorhaben zugesprochene oder erwartete Finanzhilfen<sup>2</sup>?

- Ja  
 Nein

### 2.2 Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind

Weisen das Projekt oder die Vorhaben des Programms Schnittstellen zu Unternehmen auf, die von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind?

- Ja  
 Nein

Die PanGas AG, Dagmersellen, deren CO<sub>2</sub>-Emissionen mit dem Projekt vermindert werden, ist weder Teilnehmerfirma am EHS, noch besteht eine CO<sub>2</sub>-Zielvereinbarung auf Grund derer sie von der CO<sub>2</sub>-Lenkungsabgabe befreit wäre.

### 2.3 Doppelzählung aufgrund anderweitiger Abgeltung des ökologischen Mehrwerts

Ist es möglich, dass die erzielten Emissionsvermindierungen auch anderweitig quantitativ erfasst und/oder ausgewiesen werden (=Doppelzählung; s. auch Art. 10 Abs. 5 CO<sub>2</sub>-Verordnung)?

- Ja  
 Nein

Nein. Die Emissionsverminderung findet physisch bei der Produktion von Trockeneis statt. Es gibt keinen 'Kanal' um diese Emissionsverminderung an einem anderen Ort anzurechnen. Insbesondere wird das produzierte Trockeneis ohne Hinweis auf die Verluste bei seiner Produktion ('graue' CO<sub>2</sub>-Belastung) verkauft.

---

<sup>2</sup> Finanzhilfen sind geldwerte Vorteile, die Empfängern ausserhalb der Bundesverwaltung gewährt werden, um die Erfüllung einer vom Empfänger gewählten Aufgabe zu fördern oder zu erhalten. Geldwerte Vorteile sind insbesondere nicht rückzahlbare Geldleistungen, Vorzugsbedingungen bei Darlehen, Bürgschaften sowie unentgeltliche oder verbilligte Dienst- und Sachleistungen (Artikel 3 Absatz 1 Subventionsgesetz SR 616.1).

### 3 Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen

#### 3.1 Systemgrenze und Emissionsquellen

##### Systemgrenze

Die Systemgrenze umfasst die Trockeneisproduktion im Referenz- und Projektszenario. Die Systemgrenze ist in den folgenden Grafiken mit einer gestrichelten Linie gezeichnet.

Systemgrenze im Projektszenario:

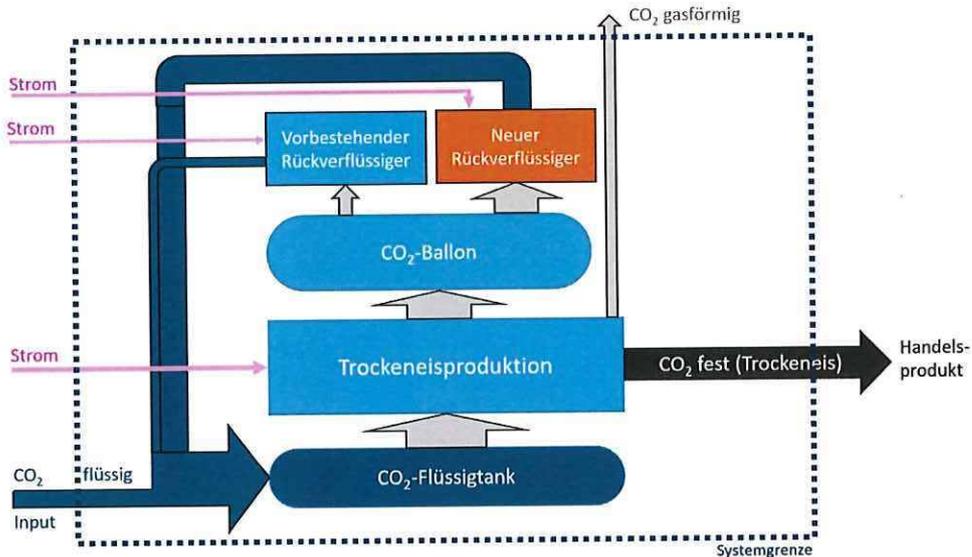


Abbildung 5: Projektszenario

Systemgrenze im Referenzszenario:

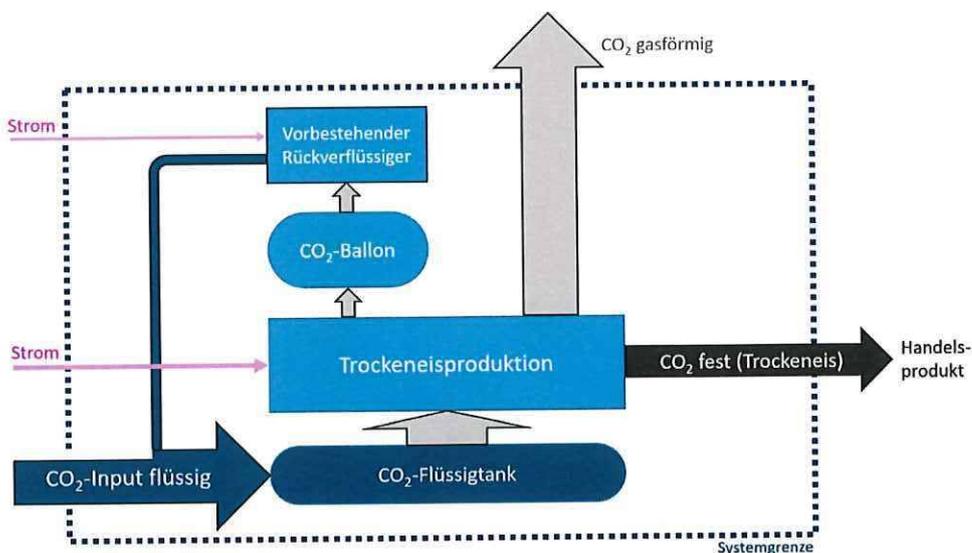


Abbildung 6: Referenzszenario

**Direkte und indirekte Emissionsquellen**

	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Projektmissionen/ Emissionen der Vorhaben	Verdunstendes Trockeneis beim Kunden	CO <sub>2</sub>	ja	Die Emission im Projekt- und im Referenzfall ist identisch
	Verlust im Rückverflüssiger	CO <sub>2</sub>	ja	Stark reduzierte direkte Emissionsquelle im Werk in Dagmersellen
	Stromnetz	CO <sub>2</sub>	ja	Direkte Emissionsquelle: keine Indirekte Emissionsquelle: Emissionsfaktor des verbrauchten Stroms aus dem Netz
	Stromnetz	CH <sub>4</sub>	nein	
		N <sub>2</sub> O	nein	
Referenzentwicklung des Projekts oder Vorhabens	Verdunstendes Trockeneis beim Kunden	CO <sub>2</sub>	ja	Die Emission im Projekt- und im Referenzfall ist identisch
	Verlust in der Trockeneis-Produktion	CO <sub>2</sub>	ja	Direkte Emissionsquelle im Werk in Dagmersellen
	Stromnetz	CO <sub>2</sub>	ja	Direkte Emissionsquelle: keine Indirekte Emissionsquelle: Emissionsfaktor des verbrauchten Stroms aus dem Netz
	Stromnetz	CH <sub>4</sub>	nein	
		N <sub>2</sub> O	nein	

**3.2 Einflussfaktoren**

**3.2.1 Politische Rahmenbedingungen**

*Gesetzesänderung im Energie- oder CO<sub>2</sub>-Bereich*

Gesetzliche Entwicklungen können die anrechenbare Ausbeute an CO<sub>2</sub>-Minderungen massgeblich beeinflussen. So würde beispielsweise ein Gebot der CO<sub>2</sub>-Capture aus Trockeneisproduktionen den gewählten Referenzzustand illegal machen. Dadurch würde die Menge der anrechenbaren CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen stark zurückgehen oder ev. ganz verschwinden.

**3.2.2 Preise**

*Preis flüssiges CO<sub>2</sub>*

Die eingesparten Kosten aus der CO<sub>2</sub>-Beschaffung sind der wichtigste Ertragsfaktor des Projekts. Damit verändert sich dessen Wirtschaftlichkeit durch Veränderungen im Beschaffungspreis des CO<sub>2</sub> stark. Je höher die Kosten zur Beschaffung des CO<sub>2</sub>, umso besser die Wirtschaftlichkeit des Projekts.

*Preis elektrische Energie*

Die elektrische Energie ist der wichtigste Kostenfaktor im Betrieb der Anlage. Ein veränderter Strompreis beeinflusst somit die Wirtschaftlichkeit des Projekts. Je tiefer der Strompreis, umso besser die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

**3.2.3 Emissionsfaktoren**

*Emissionsfaktor Schweizer Netzstrom*

Wenn der Emissionsfaktor des Netzstroms steigt, dann vermindert sich die Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen und umgekehrt. Diese Menge variiert linear zu den Emissionsfaktoren. Die Emissionsfaktoren können sich aus technisch-physikalischen Gründen allerdings nicht innert kurzer Zeit stark verändern, da sie vom Schweizerischen Stromproduktionsmix abhängen.

### 3.3 Leakage

Für das vorliegende Projekt stellt die CO<sub>2</sub>-Gewinnung im Referenzfall den Schlüssel-Vorgang für die Beurteilung eines CO<sub>2</sub>-Leakage dar: Wenn im Referenzfall das CO<sub>2</sub> aus Abfall-CO<sub>2</sub>-Strömen der Industrie gewonnen würde, und wenn dieses Abfall-CO<sub>2</sub> andernfalls (d.h. im Projektfall) in die Atmosphäre abgelassen würde, dann würde Leakage vorliegen, d.h. die Emissionsminderung am Projektstandort würde durch eine gleich grosse Mehremission ausserhalb der Systemgrenze kompensiert.

Dies ist aber nicht die Realität. Gemäss PanGas, wo CO<sub>2</sub> routinemässig in grossen Mengen beschafft wird, herrscht weltweit eine Knappheit an verfügbaren «Abfall-CO<sub>2</sub>-Quellen». Das bedeutet, alles verfügbare CO<sub>2</sub> aus «Abfall-Quellen» der chemischen Industrie wird zur CO<sub>2</sub>-Gewinnung genutzt und ein Mehrbedarf muss entweder durch CO<sub>2</sub>-Förderung aus geogenen Quellen oder durch 'ad hoc'-Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckt werden. Für den konkreten Fall ersetzt das durch die Projekt-Anlage zurückgewonnene CO<sub>2</sub> geogenes («natürliches») CO<sub>2</sub> aus der Quelle Répcelak (HU).

Es findet also kein Leakage statt. Es ist auch mittelfristig nicht mit Leakage zu rechnen, da die Nachfrage nach CO<sub>2</sub> als Produkt steigt und das Angebot an «Abfall-CO<sub>2</sub>» aus der chemischen Industrie in Europa stagniert. Die Situation muss neu beurteilt werden, wenn einmal die Rückgewinnung von CO<sub>2</sub> aus Abgasen von grossen Verbrennungsanlagen weit verbreitet sein wird.

Um Sicherheit zu haben, dass auch zukünftig geogenes CO<sub>2</sub> substituiert wird, muss im jährlichen Monitoring jeweils bestätigt werden, dass ein Verzicht auf das Projekt Mehr-Einkäufe an geogenem CO<sub>2</sub> zur Folge hätte.

Falls die eingekaufte Menge an geogenem CO<sub>2</sub> kleiner ist als die gesamthaft in der TE-Produktion zurückgewonnene Menge CO<sub>2</sub> wird dies im Monitoring-Formular (A5-1) als Leakage der Emissionsreduktion abgezogen.

Damit wird

$$LE = 0, \text{ falls } M_{CO_2, \text{eink, geo}} \geq M_{CO_2, \text{rück, neu}}$$

$$LE = M_{CO_2, \text{eink, geo}} - M_{CO_2, \text{rück, neu}}, \text{ falls } M_{CO_2, \text{eink, geo}} < M_{CO_2, \text{rück, neu}}$$

Die Parameter bedeuten

Parameter	Name	Einheit
LE	Leakage-Emissionen	tCO <sub>2</sub> /a
M <sub>CO<sub>2</sub>,eink,geo</sub>	Menge eingekauftes CO <sub>2</sub> flüssig aus geogenen Quellen	tCO <sub>2</sub> /a
M <sub>CO<sub>2</sub>,rück,neu</sub>	Menge rückverflüssigtes CO <sub>2</sub> (neuer Rückverflüssiger)	tCO <sub>2</sub> /a

### 3.4 Projektemissionen

Die Funktionsweise der Trockeneisanlage mit Rückverflüssiger ist auf dem Blatt 'Systemmodell' des Berechnungsfiles, Anhang A3-1, als Rechenmodell beschrieben.

Wesentlich ist die Tatsache, dass der Koeffizient der Produktionseffizienz im Projekt- und im Referenzzustand derselbe ist. Die Trockeneisanlage merkt nämlich nichts davon, ob das gasförmig entweichende CO<sub>2</sub> anschliessend abgefangen und rückverflüssigt wird. Dieser Koeffizient hängt lediglich von den Druck- und Temperaturverhältnissen in der Produktionsanlage, sowie von der Geometrie der Kohensäureschnee-Sammler ab. Dieser Koeffizient wird aus den Produktionsdaten der letzten Jahre

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

(während denen der Referenzzustand in Betrieb war) berechnet. Die Daten zu dieser Berechnung sind aus dem Anhang A3-1, Blatt 'Systemmodell' ersichtlich.

Die Projektemissionen umfassen den Verarbeitungsverlust an CO<sub>2</sub> sowie die Emissionen durch den zusätzlichen Stromverbrauch der Rückgewinnung.

$$PE = (1 - f_P) * (M_{CO_2,eink} + M_{CO_2,rück}) - M_{CO_2,rück} + Q_{el} * EF_{el}$$

$$= (1 - f_P) * M_{CO_2,eink} - f_P * M_{CO_2,rück} + Q_{el} * EF_{el}$$

wobei

$$M_{TE} = f_P * (M_{CO_2,eink} + M_{CO_2,rück})$$

das heisst

$$f_P = \frac{M_{TE}}{(M_{CO_2,eink} + M_{CO_2,rück})}$$

Weiter ist festzustellen, dass die verkaufte Menge Trockeneis durch das Projekt nicht beeinflusst wird. Sie hängt vom Markt ab. Je nach Nachfrage wird die Trockeneisproduktion länger oder weniger lang laufen gelassen. Die Produktionskapazität wird aber durch das Projekt nicht verändert. Auch für die Zukunft gilt deshalb grundsätzlich:

$$M_{TE,Ref} = M_{TE,Pro}$$

damit gilt aber:

$$(M_{CO_2,eink} + M_{CO_2,rück}) = \frac{M_{TE}}{f_P} = \textit{konstant}$$

Dies bedeutet, die eingekaufte, plus die rückverflüssigte Menge CO<sub>2</sub> sind beim Vergleich des Projekt-zum Referenzzustand eine Konstante. Wenn die Menge rückverflüssigtes CO<sub>2</sub> gesteigert wird, kann die Menge eingekauftes CO<sub>2</sub> um denselben Betrag verringert werden. Da die produzierte Menge Trockeneis auch im Projekt und Referenzzustand dieselbe ist, ist die Verringerung der eingekauften Menge CO<sub>2</sub> gleich der Verringerung der gasförmigen CO<sub>2</sub>-Verluste.

Die Emissionsverminderung könnte somit direkt aus der zusätzlich rückverflüssigten Menge CO<sub>2</sub> und dem dazu zusätzlich nötigen Stromverbrauch berechnet werden, ohne Kenntnis der emittierten Mengen im Projekt- und im Referenzzustand. Dennoch seien diese Mengen hier berechnet. Der Stromverbrauch für den Betrieb der heutigen Anlage wird allerdings herausgekürzt, da er im Projekt- und im Referenzzustand derselbe ist.

Es gilt für die Projektemission

$$PE = (1 - f_P) * M_{CO_2,eink,P} - f_P * M_{CO_2,rück,P} + P_{el} * T * EF_{el}$$

Die Parameter bedeuten

Parameter	Name	Einheit	Wert	Erläuterungen
PE	Projektemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
f <sub>P</sub>	Koeffizient der Produktionseffizienz	-	0.299	im Ref.Zustand berechnet
M <sub>CO<sub>2</sub>,eink,P</sub>	Eingekaufte, zur Trockeneisproduktion verwendete Menge CO <sub>2</sub> im Projektzustand	tCO <sub>2</sub> /a	■	= M <sub>CO<sub>2</sub>,eink,R</sub> - deltaM <sub>rück</sub>

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

$M_{CO_2,rück,P}$	Rückverflüssigte Menge CO <sub>2</sub> im Projektzustand	tCO <sub>2</sub> /a	█	= $M_{CO_2,rück,R} + \Delta M_{rück}$
$\Delta M_{rück}$	Im Projekt zusätzlich rückverflüssigte Menge CO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub> /a	1'250	Kapazität neuer Rückverflüssiger
T	Betriebsstunden des neuen Rückverflüssigers	h/a	█	Erfahrungs-Annahme PanGas
$P_{el}$	Elektrische Gesamtleistung der neuen Rückverflüssigung	kW	█	Herstellerangabe, Anhang A3-2
$EF_{el}$	Emissionsfaktor Strommix Schweiz	tCO <sub>2</sub> /MWh	0.0298	Vollzugsmittteilung BAFU Version 2021

### 3.5 Referenzentwicklung

Es gilt für die Projektemission

$$RE = (1 - f_P) * M_{CO_2,eink,R} - f_P * M_{CO_2,rück,R}$$

Die Parameter bedeuten

Parameter	Name	Einheit	Wert	Erläuterungen
RE	Referenzemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
$f_P$	Koeffizient der Produktionseffizienz	-	0.299	im Ref.Zustand berechnet
$M_{CO_2,eink,R}$	Eingekaufte, zur Trockeneisproduktion verwendete Menge CO <sub>2</sub> im Referenzzustand	tCO <sub>2</sub> /a	█	Mittelwert 2016 – 2020 siehe Anhang A3-1, 'Systemmodell'
$M_{CO_2,rück,R}$	Rückverflüssigte Menge CO <sub>2</sub> im Referenzzustand	tCO <sub>2</sub> /a	█	Mittelwert 2016 – 2020 siehe Anhang A3-1, 'Systemmodell'
$\Delta M_{rück}$	Im Projekt zusätzlich rückverflüssigte Menge CO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub> /a	1'250	Kapazität neuer Rückverflüssiger

### 3.6 Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante)

Die Emissionsverminderung pro Jahr wird mit folgender Formel berechnet:

$$ER = RE - PE - LE$$

$$ER = (1 - f_P) * \Delta M_{rück} + f_P * \Delta M_{rück} - P_{el} * T * EF_{el} - LE$$

$$ER = \Delta M_{rück} - P_{el} * T * EF_{el} - LE$$

Parameter	Name	Einheit	Wert	Erläuterungen
ER	Emissionsreduktionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
RE	Referenzemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
PE	Projektemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
LE	Emissionen Leakage	tCO <sub>2</sub> /a	0	Es liegt kein Leakage vor

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

Die zu erwartenden (ex-ante) Emissionsreduktionen sind im Berechnungsfile (Blatt 'CO2 Prognose') berechnet und verhalten sich wie folgt:

Jahr		Erwartete Referenzentwicklung (in t CO <sub>2</sub> eq)	Erwartete Emissionen (in t CO <sub>2</sub> eq)	Schätzung der Leakage (in t CO <sub>2</sub> eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO <sub>2</sub> eq)
1. Jahr	2021	0	0	0	0
2. Jahr, Wirkungsbeginn 01.04.22	2022			0	929
3. Jahr	2023			0	1'239
4. Jahr	2024			0	1'239
5. Jahr	2025			0	1'239
6. Jahr	2026			0	1'239
7. Jahr	2027			0	1'239
8. Jahr	2028			0	1'136
In der Kreditierungsperiode				0	8'261
Über Projektlaufzeit				0	13'322
Über Laufzeit Klik-Garantie				0	10'843

Erklärungen zu den Annahmen für die Aufteilung der Emissionen auf die verschiedenen Kalenderjahre:

Die Kreditierungsperiode beginnt am 01.12.2021 und endet am 30.11.2028. Aus diesem Grund ist das Jahr 2028 zu 11/12 miteingerechnet. Das Jahr 2021 trägt noch nichts bei, da der Wirkungsbeginn erst am 01.04.2022 ist.

Da die Projektdauer 11 Jahre ab 2022 beträgt (Restlebensdauer des Rückverflüssigers) endet die Projektdauer am 31.12.2032.

## 4 Nachweis der Zusätzlichkeit

Da der gewählte Referenzzustand darin besteht, nichts zu tun, d. h. die bisherige Trockeneisproduktion weiter laufen zu lassen, wird die Analyse der Zusätzlichkeit als Benchmarkanalyse (Option 3) durchgeführt. Dabei wurden die Investitionen und laufenden Kosten für das Projektszenario erhoben. Wenn der Rendite-Zinssatz (IRR) des Projekts über die Projektdauer für das Projektszenario ohne Erlöse aus dem Verkauf von CO<sub>2</sub>-Kompensationsbescheinigungen grösser ist als der Basiszinssatz von 3% (Benchmark), dann ist Projektszenario wirtschaftlich, andernfalls ist es zusätzlich.

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse sind im Anhang 3.1, Blatt 'Wirtschaftlichkeit', gemacht und dokumentiert.

Für die Berechnung wurden folgende wichtige Angaben des Gesuchstellers verwendet:

Parameter	Einheit	Wert	Erläuterung
Projektinvestitionen	CHF	█	Kaufpreis, Transport + Installation Siehe Anhang A4-1 Belege Investition
Kosten des geogenen CO <sub>2</sub> ab Quelle in Ungarn	CHF	█	Belege Projektleitung (Anhang A4-2)
Strompreis	CHF/MWh	█	Belege Projektleitung (Anhang A4-3)
Unterhaltskosten gemessen an der Investition	%	█	Üblicher Satz für eine komplexe Anlage
Elektrische Leistung bei Nennbetrieb (neuer RV)	kW	█	Datenblatt Comtecsuisse (Anhang A3-2)
Vorgesehene Leistungsdauer	h	█	Datenblatt Comtecsuisse (Anhang A3-2)
==> <i>Stromkosten</i>	CHF/a	█	<i>berechnet</i>
==> <i>Unterhaltskosten</i>	CHF/a	█	<i>berechnet</i>
==> <i>Ersparnis CO<sub>2</sub>-Beschaffung</i>	CHF/a	█	<i>berechnet</i>
Nutzungsdauer	a	11	1. Inbetriebsetzung 2018, Wirkungsbeginn 2022, Lebensdauer 15a
Kalkulatorischer Zinssatz	%	3	Vollzugsmittelteilung BAFU, Version 2021
Erlös aus dem Verkauf von CO <sub>2</sub> -Bescheinigungen	CHF/t CO <sub>2</sub>	100	Erfahrungswert mit KliK als Käufer

Die Kosten für den Kauf des Rückverflüssigers sind auf der Basis des Neuwerts und des Alters des Rückverflüssigers mit einer Occasionswertberechnung gerechnet. Es besteht noch kein definitiver Kaufvertrag. Der Preis muss anlässlich der ersten Verifizierung überprüft werden. Die Kosten für die Anpassung der Infrastruktur für die Einbindung des neuen Rückverflüssigers basieren auf Grobkostenschätzungen von PanGas. Die Investitionen sind insgesamt im Anhang A4.1 dokumentiert.

Die jährlichen Unterhaltskosten entsprechen █ des Neuwerts des Rückverflüssigers.

Der Preis des CO<sub>2</sub> ist der effektive Beschaffungspreis von CO<sub>2</sub> ab der Quelle von Répcelak in Ungarn, inklusive Transportkosten zu PanGas in Dagmersellen. Der Preis ist in Anhang A4.2 belegt.

Als Strompreis wird der tatsächliche durchschnittliche Preis eingesetzt, den PanGas im Jahr 2020 zahlte. Der Beleg ist in Anhang A4.3 hinterlegt.

Der Stromverbrauch wird dem Kapitel 3.4 entnommen. Er ergibt sich aus der elektrischen Leistung der neuen Rückverflüssigungsanlage und aus deren Betriebszeit.

Parameter, welche durch die Vollzugsmittelteilung des BAFU geregelt sind (Basiskapitalzins, Emissionsfaktoren etc.) wurden entsprechend definiert.

Die mit diesen Angaben gerechnete Wirtschaftlichkeitsanalyse kommt zum Schluss, dass ohne Erträge aus dem Verkauf von CO<sub>2</sub>-Kompensationsbescheinigungen das Projektszenario einen IRR von -2.1% aufweist. Das Projektszenario ist somit zusätzlich. Mit Einrechnung der CO<sub>2</sub>-Erträge wird ein IRR von 12.4% erreicht. Vgl. dazu die Grafik in Abb. 7.

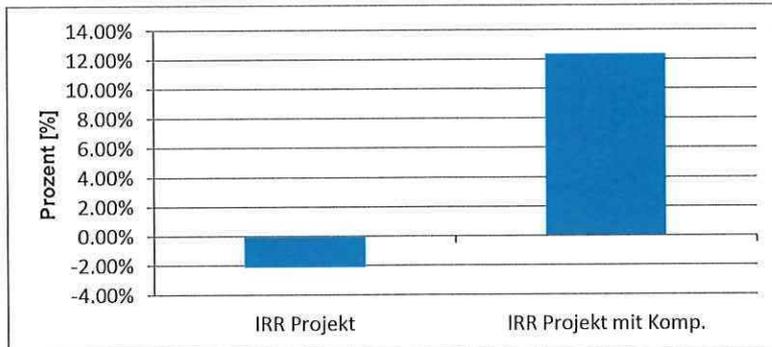


Abbildung 7: Wirtschaftlichkeit (IRR) des Projektszenarios ohne und mit CO<sub>2</sub>-Ertrag

### Sensitivitätsanalyse

Für die Parameter, bei welchen das Ergebnis der Zusatzlichkeitsanalyse potenziell empfindlich auf Schwankungen reagiert, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Resultate und die Interpretation und Schlussfolgerungen daraus gehen aus der folgenden Tabelle hervor:

<p><b>Sensitivität auf die Investitionskosten</b></p> <p><b>Sensitivität Investition</b></p>	<p>Die Sensitivität der Rentabilität auf die Investitionskosten ist logisch und ausgeprägt vorhanden. Je teurer die Anschaffung des neuen Rückverflüssigers ist, umso schlechter ist die Rendite des Projekts. Die Variation von +/- 20% der Kosten ändert aber nichts an den Verhältnissen betreffend Additionalität. Auch bei 20% tieferen Investitionskosten bleibt die Rendite des Projekts (ohne CO<sub>2</sub>-Ertrag) unter dem Benchmark.</p>
<p><b>Sensitivität auf den CO<sub>2</sub>-Preis</b></p> <p><b>Sensitivität CO<sub>2</sub>-Preis</b></p>	<p>Die Sensitivität des IRR auf den CO<sub>2</sub>-Preis ist etwa gleich ausgeprägt wie auf die Investitionskosten, aber in umgekehrter Richtung. Je höher der Preis des beschafften CO<sub>2</sub> umso interessanter ist das Projekt. Auch hier geht die Additionalität aber bei einer Variation um +/- 20% nicht verloren. Das substituierte CO<sub>2</sub> ist bereits als sehr teuer in die Rechnung eingeflossen. Dieser hohe Preis wird massgeblich durch den Transport (aus Osteuropa) verursacht. Noch 20% höhere Preise sind unrealistisch.</p>

<p><b>Sensitivität auf Strompreis</b></p>	<p>Die Sensitivität auf den Strompreis ist ziemlich klein. Mit tieferen Strompreisen wird das Projekt wirtschaftlicher, es bräuhete aber eine sehr massive Verringerung des Strompreises, damit das Projekt wirtschaftlich wird. Innerhalb einer Schwankungsbreite von +/- 20% bleibt der IRR des Projekts negativ.</p>
<p><b>Sensitivität auf die Wartungskosten</b></p>	<p>Die Sensitivität auf die Wartungskosten ist schwach. Die Wartungskosten sind ein untergeordneter Kostenfaktor. Eine Variation von +/- 20% zeigt fast keinen Effekt.</p>
<p><b>Sensitivität auf die Leistung des Rückverflüssigers (Laufzeit)</b></p>	<p>Wenn der neue Rückverflüssiger länger als die geplanten ca. 1'800 h/a in Betrieb sein kann, wird die Rendite des Projekts logischerweise besser, da bei nur geringfügig höheren Kosten (Strom) ein deutlich höherer Ertrag aus der CO<sub>2</sub>-Einsparung erzielt werden kann. CO<sub>2</sub> für eine verstärkte Rückverflüssigung wäre im Prinzip noch vorhanden, es besteht aber eine grosse und nicht vorhersehbare Abhängigkeit vom Produktionsrhythmus. Eine Variation um +/-20% ändert die Additionalität nicht. Die Laufzeit des alten Rückverflüssigers war ca. 2'048 h/a. Da insgesamt viel mehr CO<sub>2</sub> rückverflüssigt wird, wird der neue Rückverflüssiger tendenziell weniger lang laufen können.</p>

**Erläuterungen zu anderen Hemmnissen**

Ausser mit mangelnder Wirtschaftlichkeit ist nicht mit anderen Hemmnissen zu rechnen.

**Übliche Praxis**

Bei der Trockeneisproduktion mit Rückverflüssigern das entweichende CO<sub>2</sub> aufzufangen und zurückzugewinnen ist nicht gängige Praxis.

## 5 Aufbau und Umsetzung des Monitorings

### 5.1 Beschreibung der gewählten Nachweismethode

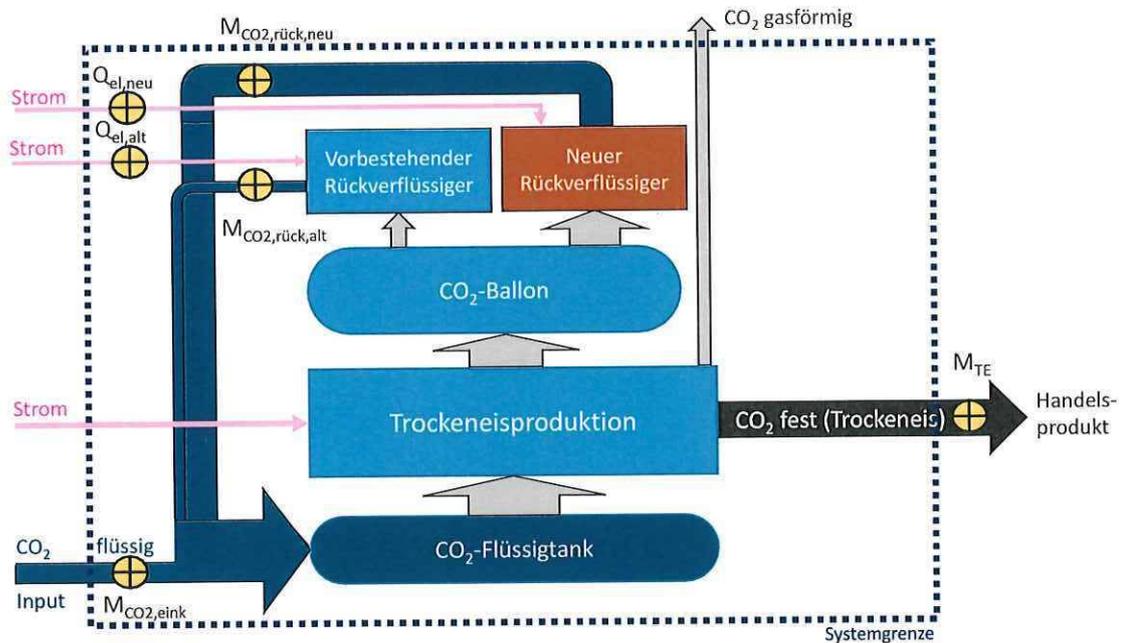
Der Gesuchsteller muss jährlich das Formular "Monitoring-Formular.xlsx" (Anhang A5-1) ausfüllen und bereithalten.

Um die Einsparung des emittierten gasförmigen CO<sub>2</sub> zu bestimmen, werden die folgenden Parameter erhoben.

- Die Mengen flüssiges CO<sub>2</sub> im Rücklauf des bestehenden und des neuen Rückverflüssigers
- Die Menge flüssiges von aussen in die Trockeneis-Produktionsanlage eingespeistes CO<sub>2</sub>
- Die Stromverbräuche des bestehenden und des neuen Rückverflüssigers
- Die produzierte Menge Trockeneis (TE)

Die Daten werden ab Wirkungsbeginn erhoben und jährlich für das Monitoring zur Verfügung gestellt.

Die geplanten Messpunkte sind im folgenden Schema mit gelben Symbolen festgehalten.



### 5.2 Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen

#### 5.2.1 Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen

Projektemissionen

$$PE = M_{CO_2,eink} - M_{TE} + (Q_{el,alt} + Q_{el,neu}) * EF_{el}$$

mit

Parameter	Name	Einheit	Wert	Erläuterungen
PE	Projektemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
$M_{CO_2,eink}$	Menge CO <sub>2</sub> eingespeist, flüssig	tCO <sub>2</sub> /a	gemessen	
$M_{CO_2,rück,alt}$	Menge CO <sub>2</sub> rückverflüssigt bestehend	tCO <sub>2</sub> /a	gemessen	
$M_{CO_2,rück,neu}$	Menge CO <sub>2</sub> rückverflüssigt neu	tCO <sub>2</sub> /a	gemessen	

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

M <sub>TE</sub>	Menge CO <sub>2</sub> produziert, fest (Trockeneis)	tCO <sub>2</sub> /a	gemessen	
Q <sub>el,alt</sub>	Stromverbrauch alter Rückverflüssiger	kWh/a	gemessen	
Q <sub>el,neu</sub>	Stromverbrauch alter Rückverflüssiger	kWh/a	gemessen	
EF <sub>el</sub>	Emissionsfaktor Strommix Schweiz	kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.0298	Vollzugsmittteilung BAFU Version 2021

Referenzemissionen

$$RE = M_{CO_2,eink} + M_{CO_2,rück,neu} - M_{TE} + Q_{el,alt} * EF_{el}$$

mit

Parameter	Name	Einheit	Wert	Erläuterungen
RE	Referenzemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
M <sub>CO<sub>2</sub>,eink</sub>	Menge CO <sub>2</sub> eingespeist, flüssig	tCO <sub>2</sub> /a	gemessen	
M <sub>CO<sub>2</sub>,rück,alt</sub>	Menge CO <sub>2</sub> rückverflüssigt bestehend	tCO <sub>2</sub> /a	gemessen	
M <sub>TE</sub>	Menge CO <sub>2</sub> produziert, fest (Trockeneis)	tCO <sub>2</sub> /a	gemessen	
Q <sub>el,alt</sub>	Stromverbrauch alter Rückverflüssiger	kWh/a	gemessen	
EF <sub>el</sub>	Emissionsfaktor Strommix Schweiz	kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.0298	Vollzugsmittteilung BAFU Version 2021

Emissionsreduktionen

$$ER = RE - PE - LE$$

$$ER = M_{CO_2,rück,neu} - Q_{el,neu} * EF_{el} - LE$$

Parameter	Name	Einheit	Wert	Erläuterungen
ER	Emissionsreduktionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
RE	Referenzemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
PE	Projektemissionen	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	
LE	Emissionen Leakage	tCO <sub>2</sub> /a	berechnet	Siehe Kap. 3.3
Übrige Parameterdefinitionen siehe oben				

5.2.2 Wirkungsaufteilung

Da das Projekt keine weiteren Finanzhilfen erhält, ist keine Wirkungsaufteilung vorzunehmen.

Alleiniger Eigner der CO<sub>2</sub>-Kompensationen ist der Gesuchsteller.

### 5.3 Datenerhebung und Parameter

#### 5.3.1 Fixe Parameter

<b>Parameter</b>	Mdef <sub>CO<sub>2</sub>,rück,alt</sub>
Beschreibung des Parameters	Referenzwert (Default) des rückverflüssigten CO <sub>2</sub> mit dem alten Rückverflüssiger
Wert	████████
Einheit	kg CO <sub>2</sub> /a
Datenquelle	Aufzeichnungen 2016-2020 des Projekteigners. Siehe Anhang A3-1, Berechnungsfile PanGas, Blatt 'Systemmodell'

#### 5.3.2 Dynamische Parameter und Messwerte

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	Q <sub>el,neu</sub>
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Stromverbrauch des neuen Rückverflüssigers
Einheit	MWh
Datenquelle	---
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Kalibrierte Stromzähler
Beschreibung Messablauf	Der Zähler läuft kontinuierlich und wird periodisch von Hand oder durch ein Leitsystem abgelesen. Die Werte werden in einem Erfassungsblatt dokumentiert/gespeichert und jährlich ausgewertet ins Monitoringblatt übertragen.
Kalibrierungsablauf	Gemäss gesetzlichen Vorschriften
Genauigkeit der Messmethode	Hoch. Genauigkeitsklasse 1 = Max Fehler 1%
Messintervall	Kontinuierlich / periodisch mind. 1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	EF <sub>el</sub>
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Emissionsfaktor des Schweizer Stroms (Produktionsmix)
Einheit	kg CO <sub>2</sub> /MWh
Datenquelle	Vollzugsweisung BAFU, jährliche Updates
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	-
Beschreibung Messablauf	Der Wert für das jeweilige Jahr wird der BAFU-Vollzugsweisung entnommen und ins Monitoringfile eingetragen
Kalibrierungsablauf	-

Genauigkeit der Messmethode	-
Messintervall	1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	$M_{CO_2,rück,neu}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Menge rückverflüssigtes CO <sub>2</sub> (neuer Rückverflüssiger)
Einheit	kg
Datenquelle	---
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Kalibrierte Coriolis-Massendurchflusszähler
Beschreibung Messablauf	Der Zähler läuft kontinuierlich und wird periodisch von Hand oder durch ein Leitsystem abgelesen. Die Werte werden in einem Erfassungsblatt dokumentiert/gespeichert und jährlich ausgewertet ins Monitoringblatt übertragen.
Kalibrierungsablauf	Gemäss gesetzlichen Vorschriften
Genauigkeit der Messmethode	Sehr hoch. Max Fehler = 0.1%
Messintervall	Kontinuierlich / periodisch mind. 1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

### 5.3.3 Plausibilisierung der Daten und Berechnungen

#### 5.3.3.1 Plausibilisierung der künftigen Leistung des bestehenden Rückverflüssigers

Der bestehende Rückverflüssiger hat in den letzten Jahren eine leicht variable Menge CO<sub>2</sub> rückverflüssigt: In den Jahren 2016 bis 2020 waren dies zwischen ■■■ und ■■■ t, im Mittel ■■■ t/a. Grundsätzlich gilt das Prinzip, dass der bisherige Rückverflüssiger weiterläuft und im Referenzzustand genau die gleiche Menge CO<sub>2</sub> rückverflüssigen würde, wie er im Projektzustand rückverflüssigt. Theoretisch bestände aber die Möglichkeit, den bestehenden Rückverflüssiger bewusst weniger zu benutzen und dafür den neuen Rückverflüssiger stärker einzusetzen, da nur dieser zählbare Emissionsreduktionen liefert. Aus diesem Grund wird die Menge des rückverflüssigten CO<sub>2</sub> aus dem bestehenden Rückverflüssiger gemessen und plausibilisiert. Ist eine Jahresmenge grösser als 80% der Referenzmenge (Durchschnitt der letzten 5 Jahre = ■■■ t/a), so gilt die Annahme Referenzzustand = Projektzustand. Ist die Jahresmenge kleiner als 80% der Referenzmenge, so wird von einer Leistungsverlagerung vom alten zum neuen Rückverflüssiger ausgegangen, ausser es kann aufgezeigt werden, dass der alte Rückverflüssiger aufgrund objektiver Umstände (z. B. Defekt, Betriebsunterbruch etc.), welche auch im Referenzszenario eingetreten wären, weniger produziert hat. Im Falle einer Leistungsverlagerung wird der Referenzzustand nicht gleich dem Projektzustand gesetzt, sondern gleich der Referenzmenge von ■■■ t/a.

Diese Plausibilisierung mit allfälliger Korrektur des Referenzzustandes erfordert folgende Parameter:

Einerseits die Referenzmenge des durch den bestehenden Rückverflüssiger rückverflüssigten CO<sub>2</sub>,  $M_{defCO_2,rück,alt}$ , gemäss Kapitel 5.3.1 und andererseits die gemessene Menge des durch den bestehenden Rückverflüssiger rückverflüssigten CO<sub>2</sub>,  $M_{CO_2,rück,all}$

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	$M_{CO_2,rück,alt}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Menge rückverflüssigtes CO <sub>2</sub> (alter Rückverflüssiger)
Einheit	kg
Datenquelle	---
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Kalibrierte Coriolis-Massendurchflusszähler
Beschreibung Messablauf	Der Zähler läuft kontinuierlich und wird periodisch von Hand oder durch ein Leitsystem abgelesen. Die Werte werden in einem Erfassungsblatt dokumentiert/gespeichert und jährlich ausgewertet ins Monitoringblatt übertragen.
Kalibrierungsablauf	Gemäss gesetzlichen Vorschriften
Genauigkeit der Messmethode	Sehr hoch. Max Fehler = 0.1%
Messintervall	Kontinuierlich / periodisch mind. 1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

#### 5.3.3.2 Plausibilisierung des Effizienzfaktors der Trockeneisproduktion

Der Effizienzfaktor der Trockeneisproduktion sagt aus, wieviel flüssiges CO<sub>2</sub> nötig ist, um in der bestehenden Konfiguration der Trockeneis-Produktionsanlage eine bestimmte Menge Trockeneis zu produzieren. Es ist ein wichtiger Grundsatz, dass diese Produktionseffizienz durch das Projekt, d. h. durch einen neuen Rückverflüssiger, nicht beeinflusst wird. Dies soll überprüft bzw. jährlich monitored werden. Der Effizienzfaktor der Trockeneisproduktion,  $f_P$ , berechnet sich nach folgender Formel:

$$f_P = \frac{M_{TE}}{(M_{CO_2,eink} + M_{CO_2,rück})}$$

Sein Wert in der Vergangenheit betrug im Mittel [REDACTED] (vgl. Anhang A3-1, Blatt 'Systemmodell'). Er sollte konstant bleiben. Bei Werten ausserhalb des Intervalls [REDACTED] muss den Ursachen nachgegangen werden. Zusätzlich zu den bereits definierten sind folgende Parameter erforderlich:

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	$M_{TE}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Menge verkauftes festes CO <sub>2</sub> (Trockeneis)
Einheit	kg
Datenquelle	---
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Geeichte Waage / Faktura-Belege

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

Beschreibung Messablauf	Die für den Kunden eingepackte Menge Trockeneis wird gewogen. Durch eine leichte Überfüllung (bis max. 5%) wird sichergestellt, dass die fakturierte Menge mindestens dem entspricht, was der Kunde erhält (Verdunstungsverluste!). Der Messwert wird den Faktura-belegen entnommen, jahresweise summiert und so ins Monitoringblatt übertragen. Dieser Parameter wird nur für Plausibilisierungen verwendet.
Kalibrierungsablauf	Waage gemäss gesetzlichen Vorschriften (als Grundlage zur Fakturierung)
Genauigkeit der Messmethode	Insgesamt gering, wegen des geplanten Überfüllungs-effekts. Max. Fehler = ca. 5%
Messintervall	Datenaufnahme kontinuierlich / Auswertung 1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	$M_{CO_2, \text{eink}}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Menge eingekauftes, in den Produktionsprozess eingespeistes flüssiges CO <sub>2</sub>
Einheit	kg
Datenquelle	---
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Kalibrierte Coriolis-Massendurchflusszähler
Beschreibung Messablauf	Der Zähler läuft kontinuierlich und wird periodisch von Hand oder durch ein Leitsystem abgelesen. Die Werte werden in einem Erfassungsblatt dokumentiert/gespeichert und jährlich ausgewertet ins Monitoringblatt übertragen.
Kalibrierungsablauf	Gemäss gesetzlichen Vorschriften
Genauigkeit der Messmethode	Sehr hoch. Max Fehler = 0.1%
Messintervall	Kontinuierlich / periodisch mind. 1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

5.3.3.3 *Plausibilisierung der Effizienz der Rückverflüssiger*

Die Rückverflüssiger verbrauchen elektrische Energie für Pumpen, Kompressoren, Wärmekreisläufe etc.. Ihre Effizienz ist die verflüssigte Menge CO<sub>2</sub> pro Energieeinsatz. Um sicherzustellen, dass die Rückverflüssiger korrekt betrieben worden sind, wird jährlich diese Effizienz ausgewertet. Bei Abweichungen über 20% muss die Ursache eruiert werden.

Für diese Plausibilisierung ist folgender zusätzlicher Parameter erforderlich:

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	$Q_{el,alt}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Stromverbrauch des alten Rückverflüssigers
Einheit	MWh
Datenquelle	---
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Kalibrierte Stromzähler
Beschreibung Messablauf	Der Zähler läuft kontinuierlich und wird periodisch von Hand oder durch ein Leitsystem abgelesen. Die Werte werden in einem Erfassungsblatt dokumentiert/gespeichert und jährlich ausgewertet ins Monitoringblatt übertragen.
Kalibrierungsablauf	Gemäss gesetzlichen Vorschriften
Genauigkeit der Messmethode	Hoch. Genauigkeitsklasse 1 = Max Fehler 1%
Messintervall	Kontinuierlich / periodisch mind. 1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

#### 5.3.3.4 Plausibilisierung der geogenen Herkunft des eingekauften flüssigen CO<sub>2</sub>

Damit die Wirkung des Projekts nicht durch Leakage zunichte gemacht wird, muss die CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung geogenes CO<sub>2</sub> substituieren. Dies wird plausibilisiert, indem jährlich die aus geogenen Quellen eingekaufte Menge gemessen wird. Diese Menge muss grösser sein als die rückverflüssigte Menge des neuen Rückverflüssigers.

Ist diese Bedingung einmal nicht mehr gegeben, so wird die Differenz zwischen der rückverflüssigten Menge des neuen Rückverflüssigers und der eingekauften Menge aus geogenen Quellen zum Leakage gerechnet. Das heisst, die Menge der Emissionsreduktionen vermindert sich dann um diese Differenz.

Der zusätzliche Parameter für diese Plausibilisierung hat folgende Charakteristik:

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	$M_{CO_2, \text{eink, geo}}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Menge eingekauftes CO <sub>2</sub> flüssig aus geogenen Quellen
Einheit	kg
Datenquelle	---
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Faktura-Belege
Beschreibung Messablauf	Die Rechnungen für Lieferungen von CO <sub>2</sub> aus geogenen Quellen werden gesammelt. Daraus wird jährlich die Gesamtmenge CO <sub>2</sub> aus geogenen Quellen bestimmt und ins Monitoringblatt übertragen.
Kalibrierungsablauf	---
Genauigkeit der Messmethode	Hoch, da die Fakturen aus gesetzlichen Gründen auf genauen Messungen (beim Lieferanten) beruhen müssen.

Messintervall	Datenaufnahme kontinuierlich / Auswertung 1x pro Jahr
Verantwortliche Person	Monitoringverantwortlicher

#### 5.3.4 Überprüfung der Einflussfaktoren und der ex-ante definierten Referenzentwicklung

Die politischen Rahmenbedingungen und die Preise (CO<sub>2</sub>-Preis, Strompreis) sind Einflussfaktoren, die über die Kreditierungsperiode konstant gehalten werden und erst hinsichtlich einer Re-Validierung überprüft werden müssen. Dannzumal wird alles erfasst, was die Wirtschaftlichkeit und die Menge der anrechenbaren CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen beeinflusst. Namentlich sind dies gesetzliche Regelungen im Energie- oder CO<sub>2</sub>-Gesetz, wie z.B. eine Verpflichtung zur CO<sub>2</sub>-Capture aus CO<sub>2</sub>-reichen Abgasen oder ein Effizienzgrenzwert für Trockeneis-Produktionsanlagen.

Im Projekt wird CO<sub>2</sub> ersetzt, das alternativ von weiter her transportiert werden müsste. Dies wird nicht angerechnet, da im Voraus keine genauen Angaben über die Transportstrecken und die Art des Transportes gemacht werden kann. Die Emissionseinsparungen werden dadurch leicht unterschätzt.

### 5.4 Prozess- und Managementstruktur

#### Monitoringprozess

Verantwortlich für die Datenerhebung ist die im Aufnahmeantrag angegebene Betreiberin des Projektes, dh. die PanGas AG in Dagmersellen. Diese ernennt oder beauftragt einen Monitoringverantwortlichen. Diese Person ist für das Erheben, Lassen und Sammeln, sowie für das Plausibilisieren der Messdaten verantwortlich. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Projektbeschriebes hat diese Position Herr Joachim Baumann inne.

Der Monitoringverantwortliche erstellt eine Jahresbilanz aus den Messdaten und überträgt diese auf das Formular "Monitoring-Formular.xlsx" (Anhang A5-1). Dabei kontrolliert er die Daten auf ihre Konsistenz und plausibilisiert sie gemäss Kapitel 5.3.3.

Der Rhythmus der Verifizierungen wird innerhalb des Rahmens, der von der Vollzugsmittelung des BAFU abgesteckt ist, vom Projekteigner selbst bestimmt. Der erste Monitoringbericht und der dazugehörige Verifizierungsbericht sind dem BAFU spätestens drei Jahre nach Umsetzungsbeginn einzureichen. Die nachfolgenden Monitoring- und Verifizierungsberichte sind mindestens alle drei Jahre – gerechnet ab dem Ende der vorangegangenen Monitoringperiode – einzureichen (Art. 9 Abs. 5 CO<sub>2</sub>-Verordnung). Rechtzeitig vor einer Verifizierung wird der Monitoringbericht vom Monitoringverantwortlichen unter Verwendung des Formulars "Monitoring-Formular.xlsx" erstellt und dem Verifizierer zur Verfügung gestellt.

#### Qualitätssicherung und Archivierung

Der Monitoringverantwortliche sorgt dafür, dass die verwendeten Messzähler entsprechend den formulierten Anforderungen periodisch kalibriert werden und somit die erforderliche Messgenauigkeit haben. Er bewahrt die Kalibrierungsnachweise auf.

Alle geleisteten Arbeiten und Resultate des Monitorings werden seitens der Projekteignerin PanGas durch eine unabhängige Qualitätssicherungs-Person überprüft und damit unter Anwendung des 4-Augen-Prinzips qualitätsgesichert.

Die Daten werden elektronisch für mindestens 10 Jahre auf einem Server von PanGas gesichert.

#### Verantwortlichkeiten und institutionelle Vorrichtungen

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

Datenerhebung	Gesuchsteller = PanGas AG Designierte Stelle: Monitoringverantwortlicher
Verfasser des Monitoringberichts	Monitoringverantwortlicher
Qualitätssicherung	Interne unabhängige Qualitätssicherungsperson der PanGas AG
Datenarchivierung	Gesuchsteller = PanGas AG Designierte Stelle: Monitoringverantwortlicher

## 6 Sonstiges

---

## 7 Kommunikation zum Gesuch und Unterschriften

Der Gesuchsteller willigt ein, dass die Geschäftsstelle zu diesem Gesuch mit den folgenden Parteien kommunizieren und Dokumente austauschen kann:

- Projektentwickler  ja  nein  
 Validierungsstelle  ja  nein  
 Standortkanton  ja  nein

### 7.1 Einverständniserklärung zur Veröffentlichung der Unterlagen

Das Bundesamt für Umwelt BAFU kann unter Wahrung des Geschäfts- und Fabrikationsgeheimnisses Gesuchsunterlagen veröffentlichen (Art. 14 CO<sub>2</sub>-Verordnung).

Der Gesuchsteller erklärt sich im Namen aller betroffenen Personen mit der Veröffentlichung folgender Dokumente zum Projekt zur Emissionsverminderung im Inland („Kompensationsprojekt“) auf der Webseite des Bundesamts für Umwelt BAFU einverstanden:

Zustimmung zur Veröffentlichung (*Zutreffendes bitte ankreuzen*)

Ich bin mit der Veröffentlichung dieses Dokuments (vorliegende Projekt-/Programmbeschreibung) einverstanden. Das Dokument enthält weder eigene Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnisse noch solche von Dritten. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und aus deren Sicht keine Geschäfts- und Fabrikationsgeheimnisse im vorliegenden Dokument enthalten sind. Ich bin damit einverstanden, dass meine Kontaktdaten veröffentlicht werden.

Ich bin mit der Veröffentlichung einer teilweise geschwärzten Fassung dieses Dokuments einverstanden, welche das Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnis von allen betroffenen Personen wahrt. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und die Schwärzungen mit deren Einverständnis vorgenommen habe. Die betreffenden Dritten sind mit der Veröffentlichung der teilweise geschwärzten Fassung einverstanden. Diese zur Veröffentlichung bestimmte Fassung befindet sich im Anhang A6.

Dokument	Version	Datum	Prüfstelle & Auftraggeber
Validierungsbericht (inkl. Checkliste)	1.0	18.01.2022	INFRAS, Binzstrasse 23, 8045 Zürich (im Auftrag von PanGas, Dagmersellen)

Zustimmung zur Veröffentlichung (*Zutreffendes bitte ankreuzen*)

Ich bin mit der Veröffentlichung des Dokuments einverstanden. Das Dokument enthält weder eigene Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnisse noch solche von Dritten. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und aus deren Sicht keine Geschäfts- und Fabrikationsgeheimnisse im vorliegenden Dokument enthalten sind.

Ich bin mit der Veröffentlichung einer teilweise geschwärzten Fassung des Dokuments einverstanden, welche das Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnis von allen betroffenen Personen wahrt. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und die Schwärzungen mit deren Einverständnis vorgenommen habe. Die betreffenden Dritten sind mit der Veröffentlichung der teilweise geschwärzten Fassung einverstanden. Diese zur Veröffentlichung bestimmte Fassung befindet sich im Anhang A7

## 7.2 Unterschriften

Der Gesuchsteller verpflichtet sich, wahrheitsgemässe Angaben zu machen. Absichtlich falsche Angaben werden strafrechtlich verfolgt.

Ort, Datum	Name, Funktion und Unterschrift des Gesuchstellers
Dagmersellen 10.10.2022	JOACHIM BAUMANN, Lake Production 

### Gegebenenfalls 2. Unterschrift

Ort, Datum	Name, Funktion und Unterschrift des Gesuchstellers
Dagmersellen 10.10.2022	Roger Britschgi, Managing Director 

## Anhang

Alle Anhänge des Monitoringberichts werden bei der Geschäftsstelle ausschliesslich elektronisch via Internet-Anwendungen eingereicht (keine Datenträger per Post mitschicken, bei grossem Datenvolumen die Geschäftsstelle in der E-Mail um eine Transfermöglichkeit anfragen).

Anhänge A6 und A7 müssen nur eingereicht werden, wenn unter Abschnitt 7.1 die Veröffentlichung von geschwärzten Fassungen angekreuzt wurde. Die geschwärzten Dokumente sollen nach Möglichkeit als pdf in einer Form erstellt werden, die Volltextsuche zulässt.

In diesem Dokument in den folgenden Abschnitten nur den Namen der entsprechenden Datei eintragen, welche als Anhang in der E-Mail an die Geschäftsstelle zur Einreichung des Gesuches versendet wird.

- A1. Unterlagen zu Angaben und Beschreibung des Projekts, Programms inkl. Vorhaben (z.B. Technische Datenblätter, Belege für den Umsetzungsbeginn)

*A1-1: Funktionsbeschreibung Rückgewinnungsanlage ASCO Kohlensäure AG*

- A2. Unterlagen zur Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten (z.B. beantragte / erhaltene Finanzhilfen, Wirkungsaufteilung)

*Keine*

- A3. Unterlagen zur Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen

*A3-1 Berechnungsfile PanGas\_V3*

*A3-2 Stromverbrauchswerte Comtecsuisse*

*A3-3 Mengen\_TE\_LicRV*

- A4. Unterlagen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse

*A4-1 Belege Investition\_V1-1*

*A4-2 Belege CO2-Preis*

*A4-3 Belege Strompreis\_V1-1*

- A5. Unterlagen zum Monitoring

*A5-1 Monitoring-Formular\_V2*

- A6. Geschwärzte Fassung Projekt-/Programmbeschreibung

*A6-1 Projektbeschreibung\_PanGas\_V3\_sw*

- A7. Geschwärzte Fassung Validierungsbericht

*A7-1 Validierungsbericht\_PanGas\_V1\_sw*