

**0151 Programm zur Reduktion von Lachgas-Emissionen in der Schweizer Landwirtschaft mittels Ammonium-stabilisierten Mineraldüngern**

## Deckblatt

Dokumentversion	1.9
Datum	28.09.2023

Gesuchsteller	First Climate (Switzerland) AG 8002 Zürich
Name, Vorname	Manieram, Linda
Strasse, Nr.	Brandschenkestr. 51
PLZ, Ort	8002 Zürich
Tel.	044 298 2800
E-Mail-Adresse	<a href="mailto:consulting@firstclimate.com">consulting@firstclimate.com</a>

Projektentwickler (Unternehmen)	
Name, Vorname	
Kontaktperson für Rückfragen (an Stelle von Gesuchsteller)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Tel.	
E-Mail-Adresse	

## 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)

## Inhalt

1	Angaben zum Projekt/Programm.....	4
1.1	Projekt-/Programmszusammenfassung .....	4
1.2	Typ und Umsetzungsform .....	5
1.3	Projektstandort .....	6
1.4	Beschreibung des Projektes/Programmes .....	6
1.4.1	Ausgangslage .....	6
1.4.2	Projekt-/Programmziel .....	7
1.4.3	Technologie .....	7
1.4.4	Einhaltung der massgeblichen gesetzlichen Bestimmungen .....	9
1.4.5	Programmspezifische Aspekte .....	9
1.5	Referenzszenario .....	13
1.6	Termine.....	14
2	Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten und Vermeidung von Doppelzählung .....	16
2.1	Finanzhilfen .....	16
2.2	Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO <sub>2</sub> -Abgabe befreit sind .....	16
2.3	Doppelzählung aufgrund anderweitiger Abgeltung des ökologischen Mehrwerts .....	16
3	Referenzszenario und erwartete Emissionsverminderungen .....	17
3.1	Systemgrenze und Emissionsquellen .....	17
3.2	Einflussfaktoren .....	19
3.3	Leakage .....	19
3.4	Projektemissionen/Emissionen der Vorhaben.....	22
3.5	Referenzentwicklung .....	24
3.6	Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante) .....	25
4	Nachweis der Zusätzlichkeit .....	26
5	Aufbau und Umsetzung des Monitorings.....	27
5.1	Beschreibung der gewählten Nachweismethode .....	27
5.2	Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen .....	28
5.2.1	Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen.....	28
5.2.2	Wirkungsaufteilung .....	28
5.3	Datenerhebung und Parameter .....	29
5.3.1	Fixe Parameter .....	29
5.3.2	Dynamische Parameter und Messwerte.....	35
5.3.3	Plausibilisierung der Daten und Berechnungen .....	38
5.3.4	Überprüfung der Einflussfaktoren und der ex-ante definierten Referenzentwicklung .....	38
5.4	Prozess- und Managementstruktur .....	39
6	Sonstiges .....	40
7	Kommunikation zum Gesuch und Unterschriften .....	41
7.1	Einverständniserklärung zur Veröffentlichung der Unterlagen .....	41

7.2	Unterschriften .....	42
Anhang	.....	43

# 1 Angaben zum Projekt/Programm

## 1.1 Projekt-/Programmzusammenfassung

Das Programm zur Reduktion von Lachgas-Emissionen in der Schweizer Landwirtschaft mittels Ammonium-stabilisierter Mineraldüngern ist vom Typ «Vermeidung und Substitution von Lachgas» und wird im Landwirtschaftssektor umgesetzt. Bei der Umsetzungsform handelt es sich um ein Programm.

Im Jahr 2020 wurde in der Schweiz 41.1 kt Stickstoff in Form von Mineraldünger ausgebracht,<sup>1</sup> welche direkte Lachgasemissionen von 220 kt CO<sub>2</sub>-eq verursachen.<sup>2</sup> Durch den Zusatz des Wirkstoffes DMPP (3,4 Dimethylpyrazol-phosphat) zum verkauften Mineraldünger wird der bakterielle Nitrifikationsprozess im Boden gehemmt, wodurch diese Lachgas-Emissionen markant gesenkt werden. Das Ziel des Programmes ist es, durch eine Vergünstigung des Verkaufspreises die Umstellung von herkömmlichen mineralischen Stickstoffdüngern auf den mit DMPP versetzten Mineraldünger ENTEC 26 sowie gleichwertige Produkte identischer Zusammensetzung mit anderem Handelsnamen zu fördern. Der dabei als Baseline zu erhebende Referenzabsatz von ENTEC 26 wird auf Basis der fünfjährigen Referenzperiode 2011-2015 vor dem Programmstart berechnet und dynamisch an die Entwicklung des gesamten Absatzes an mineralischem Stickstoffdünger in der Schweiz angepasst. Die im Rahmen des vorliegenden Programmes bescheinigungsfähigen Düngerprodukte – ENTEC 26 sowie zu ENTEC 26 gleichwertige Produkte mit identischer Zusammensetzung, aber anderen Handelsnamen und ggf. Herstellern – werden im Abschnitt 1.4.5 dieser Programmbeschreibung erläutert (Teilnahmekriterium 1). Zur Verbesserung der Lesbarkeit wird nachstehend auch das Kürzel **ENTEC 26\*** als Synonym für die Gesamtheit aller bescheinigungsfähigen Düngerprodukte einschliesslich des Originalproduktes ENTEC 26 verwendet.

Zur Sicherung der Zusätzlichkeit verpflichten sich die teilnehmenden Vertreiber von ENTEC 26\*, im Rahmen des vorliegenden Programmes ihre Nettomarge aus dem Produktverkauf zu reduzieren (Details in Kapitel 1.4.5). Die Aktivitäten jedes Vertreibers bezeichnen ein eigenständiges «Projekt» (in der ersten Kreditierungsperiode als «Vorhaben» bezeichnet) im Rahmen des Programmes. Für die Berechnung der Emissionsreduktionen werden jährlich Daten jedes Projekts zur verkauften Menge an ENTEC 26\* sowie zum Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff in der Schweiz erhoben. Ausserdem wird geprüft, ob die Margenobergrenze eingehalten wurde und die gemeldete Absatzmenge mit den an Agricura gemeldeten Mengen übereinstimmt.

---

<sup>1</sup> Siehe Seite 320 Tabelle 5-24 in Schweizer Treibhausgasinventar [1].

<sup>2</sup> Gemäß [2] Table 3.D – siehe Ausführung Kapitel 1.4.1.

## 1.2 Typ und Umsetzungsform

<b>Typ</b>	<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 <sup>3</sup> <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 <sup>4</sup> <input type="checkbox"/> 6.2 Methanvermeidung aus biogenen Abfällen <sup>5</sup> <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> ) oder CO <sub>2</sub> <input checked="" type="checkbox"/> 8.1 Vermeidung und Substitution von Lachgas (N <sub>2</sub> O), meist Landwirtschaft <input type="checkbox"/> 9.1 Speicherung von Kohlenstoff in Holz <input type="checkbox"/> 9.2 Speicherung von Kohlenstoff in Böden <sup>6</sup> <input type="checkbox"/> 9.3 Speicherung von Kohlenstoff in nicht-organischen Materialien <sup>7</sup> <input type="checkbox"/> 9.4 Speicherung von Kohlenstoff im Untergrund  <input type="checkbox"/> andere: <i>Nähere Bezeichnung</i>
------------	---

### Umsetzungsform

Einzelnes Projekt
  Projektbündel
  Programm

<sup>3</sup> Unter diesem Typ sind Projekte/Programme aufzuführen, bei denen in landwirtschaftlichen oder industriellen Biogasanlagen Biogas produziert wird und neben der reinen Methanvermeidung (=Kategorie 6) *zusätzlich* Bescheinigungen aus der Nutzung dieses Biogases in Form von Wärme oder aus der Einspeisung in ein Erdgasnetz generiert werden. Handelt es sich beim Projekt/Programm nur um Stromproduktion, welche durch die KEV abgegolten wird, und werden Bescheinigungen nur für den Methanvermeidungsteil generiert, fällt das Projekt/Programm unter den Typ 6.2.

<sup>4</sup> Unter diesen Typ fallen beispielsweise Deponiegasprojekte oder Methanvermeidung auf Kläranlagen.

<sup>5</sup> Unter diesen Typ fallen Biogasanlagen, die ausschliesslich für die Methanreduktion Bescheinigungen erhalten.

<sup>6</sup> Unter diesen Typ fallen Projekte, die Biokohle als Dünger verwendet wird.

<sup>7</sup> Unter diesen Typ fallen Projekte, die Biokohle als Baumaterial verwendet wird.

### 1.3 Projektstandort

Die Umsetzung des Programmes findet auf Stufe der Vertreiber statt, welche ENTEC 26\* an Landwirtschaftsbetriebe in der ganzen Schweiz vergünstigt abgeben (Situationsplan nicht sinnvoll). Die Systemgrenze umfasst die erzielten Emissionsreduktionen auf allen Schweizer Landwirtschaftsbetrieben, welche ENTEC 26\* einsetzen.

### 1.4 Beschreibung des Projektes/Programmes

#### 1.4.1 Ausgangslage

Der Einsatz von mineralischen Stickstoffdüngern in der Landwirtschaft führt gemäss dem jüngsten Schweizer Treibhausgasinventar [1] über drei Wege zu N<sub>2</sub>O-Emissionen:

- A. **N<sub>2</sub>O-Direktemissionen** bei der Nitrifikation/Denitrifikation im Boden nach der Ausbringung der Stickstoffdünger. Im Inventar wird der von der IPCC empfohlene aggregierte Standard-Emissionsfaktor von 0.0100 t N<sub>2</sub>O-N/t N seit dem Start des Programmes in 2016 um die ausgebrachten Mengen an ENTEC 26 korrigiert. Für Mineraldünger resultiert im jüngsten Inventar deshalb ein gewichteter Emissionsfaktor von 0.0097 t N<sub>2</sub>O-N/t N.<sup>8</sup> Das bedeutet, dass aufgrund des laufenden Programmes aktuell schweizweit nur 0.97% des ausgebrachten Stickstoffs direkt in Form von N<sub>2</sub>O emittiert wird. Werden nur klassische Mineraldünger verwendet (Referenzfall), so beträgt der Emissionsfaktor weiterhin 0.0100 t N<sub>2</sub>O-N/t N. Gemäss unserer aktualisierten Literaturrecherche reduzieren sich diese N<sub>2</sub>O Emissionen beim Einsatz von ENTEC 26\* unter mitteleuropäischen Bedingungen um durchschnittlich 65%; d.h. der seit Programmstart verwendete Minderungsfaktor bleibt unverändert (siehe Herleitung von *K<sub>direkt</sub>* in Kapitel 5.3 und Anhang 5).
- B. Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen über die **Auswaschung und den Abfluss von Stickstoff** (überwiegend als Nitrat). 24% des ausgebrachten Mineraldünger-Stickstoffs werden gemäss IPCC ausgewaschen, wobei gemäss dem IPCC Emissionsfaktor EF<sub>4</sub> davon wiederum 0.011 t N<sub>2</sub>O-N/t N davon als indirekte Lachgasemissionen in die Atmosphäre gelangen.<sup>9</sup> Zahlreiche wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass der Einsatz von DMPP die Auswaschung von anorganischem Stickstoff signifikant reduziert. Die Metastudie von Yang et al. aus dem Jahr 2016 konnte dabei über eine breite Studienlage hinweg eine Reduktion der Auswaschung von anorganischem Stickstoff (Nitrat und Ammonium) aus der Applikation von ASN-Dünger um 33 % feststellen [20]. Mit dieser Revalidierung wird somit der seit Programmstart verwendete Minderungsfaktor *K<sub>AUS</sub>* von 0.77 auf 0.67 reduziert.
- C. Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen über die **Verflüchtigung und Deponierung von Ammoniak (NH<sub>3</sub>)**. Je nach Form des Stickstoffdüngers und Witterungsbedingungen wird ein beachtlicher Teil des Mineraldünger-N in Form von Ammoniak verflüchtigt und führt über diesen Weg zu indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen. Nitrifikationsinhibitoren haben im Allgemeinen die Tendenz diese Ammoniakvolatilisierung zu erhöhen, da der Stickstoff länger in mineralischer Form gehalten wird [18]. DMPP im Speziellen hat jedoch gemäss verschiedener Metaanalysen keinen statistisch signifikanten Einfluss auf Ammoniakverluste [18],[20],[24]. Dies weil zum einen DMPP im Vergleich zu anderen Nitrifikationsinhibitoren auf Grund seiner chemischen Eigenschaften generell weniger zusätzliche Ammoniakemissionen verursacht und zum anderen ENTEC als Ammonium basierter Dünger ebenfalls zu deutlich geringeren Ammoniakverlusten neigt [18],[20]. Deshalb wird im vorliegenden Programmantrag wie bereits

<sup>8</sup> Siehe Seite 317 im Schweizer Treibhausgasinventar (NIR 2022) [1].

<sup>9</sup> Siehe Parameter *F<sub>AUS</sub>* & *EF<sub>AUS</sub>* im Kapitel 5.3 .

in der ersten Kreditierungsperiode keine Veränderung bei den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen über die Verflüchtigung und Deponierung von Ammoniak berücksichtigt.

Die in Form von Mineraldünger ausgebrachte Stickstoffmenge in der Schweiz betrug im Jahr 2020 gemäss dem Treibhausgasinventar 41.1 kt.<sup>10</sup> Daraus resultierten im selben Jahr N<sub>2</sub>O-Direktemissionen im Umfang von 186 kt CO<sub>2</sub>eq. Hinzu kamen noch die indirekten Emissionen infolge Auswaschung und Verflüchtigung [19]. Diese Zahlen unterstreichen die Bedeutung der Stickstoffdüngung als Treibhausgas-Emissionsquelle.

Unter Verwendung der im Schweizer Treibhausgasinventar genannten Faktoren belaufen sich die Lachgasemissionen aus dem Einsatz mineralischer Stickstoffdünger über die zwei im Programm berücksichtigten Wege A und B auf insgesamt 5.92 t CO<sub>2</sub>eq/t N. Davon entfallen 4.68 t CO<sub>2</sub>eq auf die direkten Emissionen (Weg A) und 1.24 t CO<sub>2</sub>eq auf die indirekten Emissionen infolge Auswaschung (Weg B; vgl. die Herleitung in Anhang 3).

Der Einsatz von ENTEC 26\* anstelle von herkömmlichen Stickstoffdüngern reduziert diese Emissionen um 3.45 t CO<sub>2</sub>eq/t N auf noch 2.47 t CO<sub>2</sub>eq/t N (vgl. Herleitung im Kapitel 5.3 sowie Anhang 3).

#### 1.4.2 Projekt-/Programmziel

Das Ziel des Programmes ist es, die Umstellung von herkömmlichen mineralischen Stickstoffdüngern auf ENTEC 26 und gleichwertige Produkte mit identischer Zusammensetzung aber anderen Handelsnamen durch eine Vergünstigung des Verkaufspreises zu fördern. Zu diesem Zweck reduzieren die am Programm teilnehmenden Vertrieber ihren Verkaufspreis für ENTEC 26\* so weit, dass ihre Nettomarge höchstens [REDACTED] des Verkaufserlöses beträgt, [REDACTED]. Diese Absatzsteigerung trägt zum Ersatz konventioneller Mineraldünger durch ENTEC 26\* bei, welche, wie im Kapitel oben beschrieben, die mit der Düngung assoziierten THG Emissionen um gut 60% reduzieren.

Die Prozess- und Managementstruktur des Programms wird im Abschnitt 5.4 erläutert.

Die Projekte des Programmes definieren sich durch die Identität des Vertriebers. Jeder Vertrieber von ENTEC 26\* kann im Rahmen eines gesonderten Projekts am Programm teilnehmen, sofern er alle in Kapitel 1.4.5 aufgeführten Teilnahmekriterien erfüllt.

Das derzeit auf dem Schweizer Markt verfügbare Produkt *ENTEK perfekt* ist von der Teilnahme am Programm ausgeschlossen, weil eine Bescheinigung der damit erzielten Emissionsreduktionen keine ausreichende Vergünstigung dieses Produktes erlaubt. Dies rührt einerseits daher, dass sein Stickstoffgehalt und damit die erzielbare Emissionsminderung deutlich tiefer liegen (14% gegenüber 26% bei ENTEC 26). Zum anderen liegen die spezifischen Preise und Margen für Volldünger wie *ENTEK perfekt* deutlich über jenen von ENTEC 26.

#### 1.4.3 Technologie

Die Anwendung herkömmlicher mineralischer Stickstoff-Dünger in der Landwirtschaft führt zu erheblichen Lachgasemissionen, einerseits im Zuge der Umwandlung von Ammoniumstickstoff zu Nitrat durch spezialisierte Bodenbakterien (sogenannte Nitrifikation) und andererseits bei der bakteriellen Reduktion von Nitrat zu Luftstickstoff (sogenannte Denitrifikation). Der Zusatz des Wirkstoffes DMPP (3,4 Dimethylpyrazolphosphat) zum Dünger hemmt den bakteriellen Nitrifikationsprozess und stabilisiert dadurch den Stickstoff in seiner Ammoniumform. In der Bilanz mindert DMPP einerseits die **direkten Lachgasemissionen** aus dem Nitrifikations- und

<sup>10</sup> Siehe Seite 320 Tabelle 5-24 in Schweizer Treibhausgasinventar [1].

Denitrifikationsprozess sowie andererseits die **Auswaschung von Nitrat** und die damit verbundenen, **indirekten Lachgasemissionen**. Zudem werden weitere gasförmige Emissionen wie  $\text{NO}_x$  und  $\text{N}_2$  vermindert [25][27].

### Schematische Darstellung

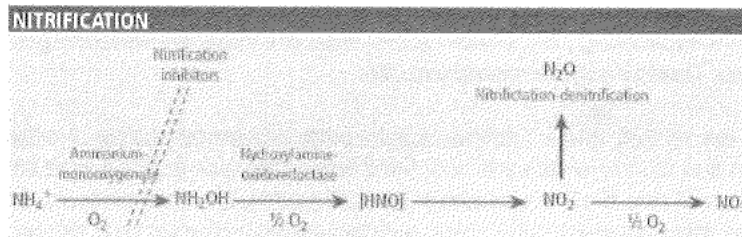


Abbildung 1: Grundsätzliche Wirkungsweise von Nitrifikationshemmern (nitrification inhibitors) [3]

Der Wirkstoff DMPP wurde in den Neunzigerjahren von der Firma █████ entwickelt. Auf dem Düngemarkt ist DMPP insbesondere in Form der ENTEC®-Düngermischungen der Firma █████ verfügbar, von denen die ENTEC 26 (Ammoniumsulfatnitrat + DMPP) die mengenmässig weitaus wichtigste ist. DMPP musste vor der Markteinführung umfangreiche toxikologische und ökotoxikologische Tests bestehen. Bis heute sind diesbezüglich keine negativen Nebeneffekte bekannt [3].

In der Schweiz sind ENTEC und seit 2022 auch dessen █████ Pendant «Special Green» derzeit die einzigen zugelassenen Kombinationen von mineralischen Stickstoffdüngern und Nitrifikationshemmstoffen (NH). Für organische Dünger ist zudem █████ auf dem Schweizer Markt erhältlich, ein Zusatz für Gülle und Gärreste, welcher die zwei Nitrifikationshemmer DCD und MPA enthält.<sup>11</sup>

Weltweit sind weitere NH im Einsatz [3]. Ein Beispiel ist Nitrapyrin, welches vornehmlich in den USA eingesetzt wird und in der Schweiz, Deutschland und Österreich nicht als Düngerzusatzstoff zugelassen ist.<sup>12</sup> In Europa ist DMPP der wichtigste Nitrifikationshemmer; seine positiven Eigenschaften wurden im Rahmen diverser Studien in den letzten 20 Jahren bestätigt [24] [25] [27].

Das Verkaufsargument für Ammonium-stabilisierte Dünger gegenüber den Landwirten besteht darin, dass sie die Stickstoff-Verfügbarkeit für die Pflanzen verbessern und damit die Effizienz der Verwertung erhöhen. Zudem empfehlen bzw. fördern gewisse Behörden im europäischen Ausland den Einsatz dieser Dünger aus Gründen des Gewässerschutzes. Trotzdem konnten sich Ammonium-stabilisierte Dünger bislang nicht am Markt durchsetzen und machen in der Schweiz heute nur einen Bruchteil des Mineraldüngerverbrauchs aus [1]. Der seit 2016 beobachtete Anstieg des Marktanteils ist allein der Förderung durch die Stiftung KliK im Rahmen des vorliegenden Bescheinigungsprogrammes zuzuschreiben.

Im internationalen Kontext werden Nitrifikationshemmer als Klimaschutzmassnahme mit einem sehr hohen Reduktionspotential erwähnt, unter anderem durch die dänische Regierung [4], die Europäische Kommission [5] und das UNFCCC-Sekretariat [6]. Als Haupthinderungsgrund für den umfassenderen Einsatz von NH werden meist die prohibitiv hohen Kosten genannt.

<sup>11</sup> DCD = Dicyandiamin, MPA = ((3(5)-Methyl-1H-pyrazol-1-yl)methyl)acetamid

<sup>12</sup> Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Nitrifikationshemmer> sowie <https://de.wikipedia.org/wiki/Nitrapyrin> (abgerufen am 16.08.2022)



Neben den angerechneten Lachgas-Emissionsreduktionen führt der Einsatz von Mineraldüngerstickstoff mit DMPP zu folgenden positiven Nebeneffekten, welche im Rahmen dieses Programmes nicht genauer quantifiziert werden:

- Beitrag zum Gewässerschutz durch eine Reduktion der Auswaschung von Stickstoff in Form von  $\text{NO}_3^-$  sowie der Kationen  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  und  $\text{Na}^+$ [7].
- Verhinderung toxischer Konzentrationen von  $\text{NO}_3^-$  für Pflanzen und Konsumenten [3]
- Reduktion der  $\text{NO}_x$  und  $\text{N}_2$ -Emissionen und ihrer assoziierten negativen Effekte ([18],[25]).
- Signifikante Reduktion von THG-Emissionen ausserhalb der hier gewählten Systemgrenze (siehe auch Kapitel 3.1).

#### 1.4.4 Einhaltung der massgeblichen gesetzlichen Bestimmungen

Im vorliegenden Programm werden ausschliesslich vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) zugelassene Ammonium-stabilisierte Dünger gefördert.

#### 1.4.5 Programmspezifische Aspekte

Die Projekte des Programmes definieren sich durch die Identität des Vertreibers und des Produktes. Jeder Verteiber von ENTEC 26\* kann im Rahmen eines gesonderten Projekts am Programm teilnehmen, sofern er alle in Tabelle 1 aufgeführten Teilnahmekriterien erfüllt. Vertriebt ein Verteiber mehrere verschiedene ENTEC 26\*-Produkte zu unterschiedlichen Konditionen (z.B. mit unterschiedlichen Handelsnamen und Preisen), so sind diese als gesonderte Projekte zu behandeln.<sup>13</sup>

Neue Projekte können laufend in das Programm aufgenommen werden. Das entsprechende Anmeldeformular ist in Anhang 1 angefügt. Dabei ist die Erfüllung der Teilnahmekriterien (Tabelle 1) bei der Aufnahme eines neuen Projekts sowie ex post für jede Monitoringperiode nachzuweisen, mit Ausnahme von Kriterium 3.b), für welches ein einmaliger Nachweis bei Aufnahme des Projekts in das Programm genügt. Erfüllt ein Projekt die Teilnahmekriterien temporär nicht, so wird es von der Teilnahme am Programm ausgeschlossen, bis die Kriterien wieder erfüllt sind.

Als Musterprojekt dient die Firma Omya (Schweiz) AG, Oftringen, welche das Produkt seit 2016 gemäss den Teilnahmekriterien des Programmes zu einem vergünstigten Preis an Zwischenhändler und Endverbraucher in der Schweiz vertreibt (vgl. Anhang 1). Ihre Abnehmer treten den Klimamehrwert des stabilisierten Düngers via Omya und First Climate an die Stiftung KliK ab und profitieren im Gegenzug von der Förderung der Stiftung KliK. Umsetzungsbeginn für das Musterprojekt war der Start der ersten Kreditierungsperiode am 1. Oktober 2016. Das Projekt Omya wird auch während der zweiten Kreditierungsperiode zwischen dem 1. Oktober 2023 – 31. Dezember 2030 am Programm teilnehmen. Die Systemgrenzen des Musterprojektes sind wie in Abbildung 2 im Abschnitt 3.1 dargestellt.

Die wichtigsten Kosten der Projekte bestehen in der laufenden verbilligten Abgabe des Produktes durch die Verteiber (Margenverzicht). Ohne Bescheinigung besteht kein Anreiz, diese Verbilligung beizubehalten. Eine über den Wegfall der Verbilligung anhaltende Wirkung (in Form eines gegenüber dem Referenzabsatz erhöhten Produktabsatzes) kann nicht mit Sicherheit postuliert werden.

Entsprechend beginnt die festgelegte Wirkungsdauer jedes Projektes mit seiner Aufnahme in das Programm und dem Start der verbilligten Produktabgabe. Sie endet mit dem Ende der Programmlaufzeit und Kreditierungsperiode (vgl. Abschnitt 1.6). Letzteres ist eine konservative Regelung, welche die Möglichkeit einer über den Wegfall der Bescheinigung und Verbilligung hinaus anhaltenden Wirkung ignoriert.

<sup>13</sup> In der Regel ist ein Produkt als gesondertes Projekt zu behandeln, wenn es eine gesonderte Zulassung für den Vertrieb in der Schweiz erfordert. Dies gilt nicht für den [REDACTED] befristeten Vertrieb von Ersatzprodukten bei Nichtverfügbarkeit eines Produktes, beispielsweise aufgrund von Marktverwerfungen oder höherer Gewalt.

Auf ein Kriterium für den Ausschluss von ENTEC 26\*-Vertreibern, welche von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind, wird verzichtet, weil die Minderung landwirtschaftlicher Lachgasemissionen definitionsgemäss nicht Gegenstand einer CO<sub>2</sub>-Abgabebefreiung ist. Vgl. hierzu auch die Erläuterungen im Abschnitt 2.2.

Tabelle 1: Kriterien für die Teilnahme von Projekten am Programm

Kriterium	Beschreibung (und Begründung)	Beleg
1. Produkt	<p>ENTEC 26 mit einem DMPP-Gehalt von mindestens 0.8%, bezogen auf den Gehalt an Ammoniumstickstoff (gemäss Herstellerangaben), oder in der Schweiz zugelassene Produkte mit <i>identischer Zusammensetzung</i> (gemäss nachstehender Definition). Die teilnahmeberechtigten Produkte werden zusammenfassend auch als ENTEC 26* bezeichnet.</p> <p>Begründung: ENTEC 26* enthält mindestens 0.8% DMPP.<sup>14</sup> Die Studien zur Wirksamkeit von DMPP bezüglich Lachgas-Emissionsreduktion basieren auf ENTEC 26* mit dieser Zusammensetzung. Bei einer (sehr unwahrscheinlichen) Absenkung des DMPP-Gehaltes durch den Hersteller müsste die für das Programm unterstellte emissionsmindernde Wirkung von ENTEC 26* hinterfragt werden.</p>	Produktdatenblatt
2.a) Bezugsquelle	<p>Der Vertreter importiert das Produkt aus dem Ausland oder weist nach, dass sein Lieferant sowie dessen vorgelagerte Lieferanten ihrerseits nicht am Programm teilnehmen.</p> <p>Begründung: Ausschluss von Doppelzählungen</p>	Belege Einkäufe oder Bestätigung durch Lieferanten
2.b) Nutzung in der Schweiz	<p>Exporte des Produktes an Abnehmer ausserhalb der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein werden entweder ausgeschlossen oder bei der Berechnung der Emissionsreduktionen in Abzug gebracht.</p> <p>Begründung: Keine Bescheinigung für exportiertes ENTEC 26*</p>	<p>Agricura Meldungen</p> <p>Bei Lieferungen in loser Form muss nachgewiesen werden, dass das Produkt nur in abgesackter Form in der Schweiz und in Liechtenstein weiter vertrieben wird.</p>
2.c) Klimamehrwert	<p>Die Abnehmer treten den Klimamehrwert des Produktes an den Vertreter ab und bestätigen, dass sie diesen nicht selber nutzen. Der Vertreter tut dasselbe gegenüber dem Programmkoordinator.</p> <p>Begründung: Ausschluss von Doppelzählungen</p>	Rechnung mit entsprechender Klausel
3. Nettomarge	<p>a) Vertrieb des Produktes mit <i>Nettomarge</i> (gemäss nachstehender Definition) <span style="background-color: black; color: black;">[REDACTED]</span> des Erlöses aus dem Produktverkauf exkl. MWSt.</p> <p>b) Zudem, falls der Vertreter das Produkt bereits vor der Teilnahme am Programm vertrieben hat: Nachweis einer <i>substanziellen Absenkung</i> (gemäss nachstehender Definition) der durchschnittlichen Nettomarge pro Tonne Produkt</p> <p>Begründung: Gewährleistung der Zusätzlichkeit</p>	<p>3a) Belege für Erlöse &amp; Kosten</p> <p>3b) Benchmarkanalyse</p>

<sup>14</sup> Der deutsche Gesetzgeber schreibt einen Wirkstoffgehalt von DMPP in ammoniumhaltigen stickstoffstabilisierten Mineräldüngern von mindestens 0.8% des Gehaltes an Ammoniumstickstoff vor. Produktionsseitig wird mit ca. 0.92% gearbeitet, um unvermeidliche Verluste abdecken zu können und nicht dem Risiko zu unterliegen, in eine Unterkonzentration zu geraten (persönliche Auskunft [REDACTED] Mannheim, 26.08.2014).

4. Unabhängigkeit	Der Vertreter ist vom Hersteller des Produktes sowie von seinen Lieferanten rechtlich und organisatorisch unabhängig.  Begründung: Vermeidung einer Verlagerung der Marge zu Lieferanten bzw. Herstellern. Sicherstellung einer absoluten Preisreduktion für die Verbraucher von ENTEC 26* (Landwirte).	Schriftliche Bestätigung bei Anmeldung zum Programm
5. Aufnahme & Projektstart	a) Es werden nur Projekte aufgenommen, mit deren Umsetzung noch nicht begonnen wurde. b) Projekte können erst nach ihrer Anmeldung beim Programm in das Programm aufgenommen werden.	Schriftliche Anmeldung des Vertreibers und Aufnahmebestätigung des Programmkoordinators

Für den Nachweis der Erfüllung der Teilnahmekriterien 1 und 3 gelten folgende Definitionen:

**Kriterium 1: Definition von Produkten mit «identischer Zusammensetzung»**

Der Nachweis, dass ein stabilisiertes Düngerprodukt eine zu Entec 26 identische Zusammensetzung aufweist, ist wie folgt zu erbringen:

a) Nachweis, dass das Produkt in den folgenden wesentlichen Eigenschaften mit Entec 26 gleichwertig ist:

**Wirkstoffqualität & Wirkstoffmengen:**

- mind. 0.8% DMPP (siehe Fussnote 14)
- 26% Gesamtstickstoff (7.5% Nitratstickstoff + 18.5% Ammoniumstickstoff)
- 13.0% wasserlöslicher Schwefel

Nachweis: Produktdatenblatt oder ergänzende Angaben des Herstellers

**Aufbringverfahren Wirkstoff:** DMPP wird gemäss den Vorgaben des DMPP-Herstellers respektive -Vertreibers auf das Düngergranulat aufgebracht.

Nachweis: Angaben des DMPP-Herstellers / -Vertreibers und der Organisation, welche DMPP auf das Düngergranulat aufbringt.

b) Prüfung durch Verifizierer: Zur Aufnahme identischer Produkte in das Programm wird die Einhaltung der obenstehenden zwei Kriterien im Rahmen der Verifizierung durch den Verifizierer geprüft, und das Produkt kann basierend auf einer positiven Entscheidung der Verifizierungsstelle in das Programm aufgenommen werden.

**Kriterium 3: Definitionen zur Nettomarge**

„**Nettomarge**“ (in CHF) bedeutet die Summe der durch den Vertreter erzielten Erlöse aus dem **effektiven Absatz** des Produktes (exklusive Mehrwertsteuer und Erträgen aus Bescheinigungen), abzüglich seiner **Einstandskosten** sowie der mit dem Produkt verbundenen, direkten Kosten für Fracht, Zoll, Lagerhaltung (inkl. Pflichtlager), Absackung und Marketing. Wechselkurse sind nach dem üblichen Verfahren jedes Vertreibers einheitlich festzulegen, wobei der unterstellte Kurs um maximal ±5% von dem durch die Schweizerische Nationalbank publizierten Devisenmittelkurs des betreffenden Monates abweichen darf.<sup>15</sup> Beträgt die effektive Nettomarge in einer Monitoringperiode weniger als die zulässige Obergrenze, so darf die Differenz (in CHF) während maximal 5 Jahren vorgetragen und mit

<sup>15</sup> SNB-Devisenmittelkurse verfügbar unter <https://data.snb.ch/de/topics/ziredev/cube/devkum>

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung und Erhöhung der Senkenleistung

Überschreitungen der Margenobergrenze in nachfolgenden Monitoringperioden verrechnet werden. Der nachträgliche Ausgleich einer Margenüberschreitung ist hingegen nicht zulässig.<sup>16</sup>

„**Effektiver Absatz**“ (in Tonnen) bedeutet den durch den Vertreiber erzielten Absatz des Produktes an Zwischenhändler und Endverbraucher in der Schweiz.

„**Einstandskosten**“ (in CHF) bedeutet die Nettovergütung des Vertreibers an den Lieferanten für den Bezug des Produktes nach Abzug der Mehrwertsteuer sowie allfälliger Rückvergütungen und Rabatte.

„**Substanzielle Absenkung**“: Die Absenkung der durchschnittlichen Nettomarge pro Tonne Produkt gilt als substanziell, wenn der Vertreiber anlässlich der Aufnahme des Projekts in das Programm nachweist, dass das erwartete Absatzwachstum aufgrund der Preissenkung des Produktes nicht ausreicht, um den absoluten **Margenverlust** zu kompensieren. Das bedeutet, dass die zu erwartende Payback-Dauer für die Investition in Form von Margenverzicht ohne den Ertrag aus Bescheinigungen mehr als beträgt.

„**Margenverlust**“ (in CHF/a) = Differenz zwischen der **Referenzmarge** des Teilnehmers und seiner **zulässigen Marge** bei Teilnahme am Programm, wobei:

„**Referenzmarge**“ (in CHF/a) = durchschnittlicher Produktabsatz (in t/a) des Teilnehmers im **Referenzzeitraum**, multipliziert mit seiner effektiven durchschnittlichen **spezifischen Nettomarge** (in CHF/t) im Referenzzeitraum, und

„**Spezifische Nettomarge**“ (in CHF/t) bezieht sich auf die Nettomarge pro t Produkt und wird aus der Nettomarge (CHF) dividiert durch den effektiven Absatz (t) berechnet.

„**Zulässige Marge**“ (in CHF/a) bei Teilnahme am Programm = durchschnittlicher Produkteabsatz (in t/a) des Teilnehmers im **Referenzzeitraum**, multipliziert mit der maximal zulässigen spezifischen Nettomarge (in CHF/t). Letztere berechnet sich aus dem mittleren, um die effektive Nettomarge bereinigten Erlös im Referenzzeitraum, multipliziert mit der Obergrenze und

„**Referenzzeitraum**“ bedeutet die fünf letzten Jahre vor der Anmeldung des Projekts, oder wenn die Absatzhistorie des Teilnehmers kürzer ist, den Zeitraum ab dem Datum seines ersten Absatzes.

Projektspezifische Bestimmungen zum Nachweis der Erfüllung der Teilnahme Kriterien sind im Anhang A1.4 aufgeführt.

---

<sup>16</sup> Beispielsweise kann also eine Unterschreitung der zulässigen Nettomarge um 10'000 CHF in der Monitoringperiode 2022 verwendet werden, um eine Überschreitung der Margenobergrenze um denselben Betrag in den fünf folgenden Monitoringperioden auszugleichen. Dieser Ausgleich kann für eine einmalige Überschreitung von 10'000 CHF oder für mehrere geringere Überschreitungen, die kumuliert maximal 10'000 CHF betragen, erfolgen. Wird die Margenobergrenze hingegen überschritten, ohne dass vorher eine entsprechende Unterschreitung erzielt wurde, so gilt das Kriterium 3 im Jahr der Überschreitung als nicht erfüllt.

## 1.5 Referenzszenario

### Evaluation möglicher Referenzszenarien

Das Referenzszenario bezeichnet die zukünftige Absatzentwicklung von ENTEC 26\* in der Schweiz ohne das Bescheinigungsprogramm.

Die historische Absatzentwicklung von ENTEC 26<sup>17</sup> in der Schweiz seit der Markteinführung in 2009 bis April 2022 ist in Anhang 3.2 dargestellt. Ab 2011 war der Absatz praktisch stagnierend; im Jahr 2014 sank er markant ab. Diese Daten legen nahe, dass das Produkt im Schweizer Markt damals in Abwesenheit einer Förderung bereits seine Sättigungsgrenze erreicht hatte und der Absatz ohne das Programm weiter stagniert hätte. Die Fortschreibung dieses Szenarios stellt auch für die anstehende zweite Kreditierungsperiode des Bescheinigungsprogrammes das einzige plausible Referenzszenario dar.

Seit Beginn der Förderung durch das Bescheinigungsprogramm in 2016 hat sich der Absatz von ENTEC 26 ausgehend von einem sehr tiefen Niveau ungefähr versiebenfacht. Die Bescheinigung hat dem Produkt zu diesem Durchbruch verholfen. Der aktuelle Anteil von ENTEC 26 am gesamten mineralischen Stickstoffmarkt in der Schweiz ist [REDACTED] jedoch weiterhin bescheiden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ENTEC 26 auch mit der Förderung noch teurer ist als die konventionellen Stickstoffdünger Kalkammonsalpeter und Harnstoff.

Der rückwirkende Entwurf alternativer Referenzszenarien ab Programmstart in 2016 wäre vor diesem Hintergrund überaus hypothetisch und erübrigt sich.

Bei ausbleibender Bescheinigung ab Ende der ersten Kreditierungsperiode würde ENTEC 26 aufgrund der erhöhten Preisdifferenz zu den konventionellen Düngern schnell und deutlich Marktanteile verlieren, und die Markteinführung von zu ENTEC 26 analogen Produkten wäre wirtschaftlich unattraktiv. Eine allfällig verbleibende Differenz zum oben beschriebenen Referenzszenario wäre Ausdruck einer anhaltenden Wirkung der Förderung während der ersten Kreditierungsperiode. Somit ist auch dieses Szenario als Referenz für das Programm nicht sinnvoll.

Weiter ist davon auszugehen, dass der Einsatz von ENTEC 26\* keinen Einfluss auf die insgesamt ausgebrachte Stickstoffmenge hat, da die Empfehlungen des BLW bezüglich Obergrenzen für die Stickstoffdüngung (Normdüngung) nicht vom Einsatz von DMPP abhängen, sondern von anderen Faktoren wie Kulturart, Ertrag und Tierbestand (siehe GRUD<sup>19</sup>).

### Charakterisierung des gewählten Referenzszenarios

Der Referenzabsatz von ENTEC 26\* während der Programmlaufzeit wird basierend auf Referenzszenario 1 auf [REDACTED] festgelegt. Umgerechnet in Stickstoff beträgt der Referenzabsatz somit [REDACTED]. Während der Programmlaufzeit wird dieser Referenzabsatz an die Entwicklung des gesamten mineralischen Stickstoffabsatzes in der Schweiz angepasst. Vgl. hierzu die Formeln zum Index  $I_N$  in Abschnitt 3.4.

Die [REDACTED] entsprechen dem aufgerundeten, mittleren Entec 26-Absatz der fünf Jahre 2011-2015, korrigiert um die Veränderungen des Gesamtabsatzes von mineralischem Stickstoff gegenüber derselben Periode. Die betreffende Anpassung an den Index  $I_N$  erfolgte einmalig im Zuge der 5. Verifizierung.

<sup>17</sup> Zu ENTEC 26 analoge Produkte mit identischer Zusammensetzung wurden in diesem Zeitraum noch nicht abgesetzt.

<sup>18</sup> Berechnet aus Absatzzahlen Mineraldünger aus NIR 2022 Tabelle 5-24 & Verkaufszahlen ENTEC 26 (Anhang A3.2) für das Jahr 2020.

<sup>19</sup> <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/Pflanzenernaehrung/grud.html>

Bei einem unterjährigen Start oder Ende einer Monitoringperiode ist der Referenzabsatz auf Monats- bzw. Tagesbasis zu berechnen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ENTEC 26\* hauptsächlich im Zeitraum Oktober bis März verkauft wird. Der Referenzabsatz für das erste Kalenderjahr wird deshalb nicht linear gekürzt, sondern proportional zum durchschnittlichen, anteiligen Absatz in den jeweiligen Monaten der Referenzperiode 2011-2015 berechnet (siehe Anhang 3). Dasselbe gilt analog für die Berechnung des Referenzabsatzes im letzten Jahr der Kreditierungsperiode des Programmes.

Der Referenzabsatz gilt für die Summe aller am Programm teilnehmenden Projekte. Im Falle mehrerer Projekte wird der Referenzabsatz proportional zum effektiven Absatz jedes Projekts im jeweiligen Kalenderjahr aufgeteilt.

## 1.6 Termine

Termine	Datum	Spezifische Bemerkungen
Umsetzungsbeginn Programm	Umsetzungsbeginn zum 1. Oktober 2016	Die Umsetzung des Programms begann mit dem Umsetzungsbeginn des ersten Projekts und wurde im Rahmen der ersten Verifizierung dokumentiert.
Beginn des Monitorings & Wirkungsbeginn	1. Oktober 2016	
Umsetzungsbeginn Projekt 1 (Omya)	1. Oktober 2016	
Umsetzungsbeginn Projekt 2 (AGM)	1. September 2017	
Umsetzungsbeginn Projekt 3 (Landor)	1. September 2021	

	Anzahl Jahre	Spezifische Bemerkungen
Dauer des Programms (in Jahren)	14.25 Jahre (1.10.2016 – 31.12.2030) zzgl. möglicher Verlängerungen nach 2030	Die Programmdauer ist beschränkt auf die Dauer der Kreditierungsperiode, zzgl. der Verlängerungen derselben. Während der Programmdauer können neue Projekte angemeldet werden. Die Wirkung der Projekte dauert bis zum definitiven Ende der Programmdauer (d.h. solange ihre Wirkung bescheinigt werden kann), sofern die Projekte nicht freiwillig vorher aus dem Programm ausscheiden.

	Datum	Spezifische Bemerkungen
Beginn 1. Kreditierungsperiode:	1. Oktober 2016	
Ende 1. Kreditierungsperiode:	30. September 2023	

Weitere Kreditierungsperioden		
Beginn 2. Kreditierungsperiode:	1. Oktober 2023	
Ende 2. Kreditierungsperiode	31. Dezember 2030	

## **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>20</sup>?

- Ja  
 Nein

Wenn im Verlauf des Programms die Inanspruchnahme von staatlicher Finanzhilfe möglich wird, würde die jährliche Finanzhilfe erhoben, so dass eine Wirkungsaufteilung durch die Programmleitung erstellt werden kann.

### **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

Landwirtschaftsbetriebe können sich grösstenteils nicht von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreien lassen. Zudem sind die landwirtschaftlichen N<sub>2</sub>O-Emissionen in keinem Fall Teil einer Verpflichtung im Rahmen der Befreiung der CO<sub>2</sub>-Abgabe. Aus Sicht der am Programm teilnehmenden Vertreter von Entec 26\* sind die bescheinigten Emissionsminderungen ebenfalls ausserhalb der Systemgrenze für eine allfällige CO<sub>2</sub>-Abgabebefreiung.

### **2.3 Doppelzählung aufgrund anderweitiger Abgeltung des ökologischen Mehrwerts**

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

- Ja  
 Nein

Die Doppelzählung wird einerseits durch Teilnahmekriterium 2.c) ausgeschlossen (vertragliche Abtretung des Klimamehrwerts an den Programmkoordinator), andererseits ist kein anderes Programm bekannt, bei dem eine Schnittstelle zum vorliegenden Programm besteht.

---

<sup>20</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 Referenzszenario und erwartete Emissionsverminderungen

#### 3.1 Systemgrenze und Emissionsquellen

##### Systemgrenze

Die Systemgrenze umfasst alle Schweizer Düngemittelvertreiber, welche ENTEC 26\* direkt oder über Zwischenhändler an Landwirte liefern. Dabei beinhaltet die Systemgrenze alle N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Stickstoff, welche über die in Kapitel 1.4.1 beschriebenen Wege entstehen.

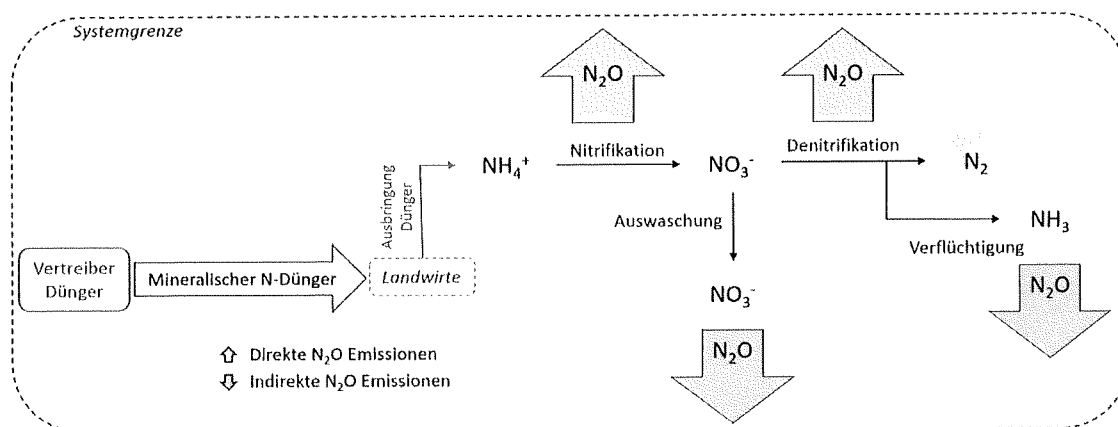


Abbildung 2: Systemgrenzen des Programms

## Direkte und Indirekte Emissionsquellen

Tabelle 2: Übersicht der direkten und indirekten Emissionsquellen im Projekt- und Referenzszenario

	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Projekt-emissionen	Boden-Kohlenstoff	CO <sub>2</sub>	Nein	k.A.
	Anaerober Abbau von Bodenkohlenstoff; Oxidation von atmosphärischem CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	Nein	k.A.
	Stickstoff-Dünger mit DMPP (ENTEC 26*). <sup>21</sup> Emissionsquellen A und B gemäss Kapitel 1.4.1	N <sub>2</sub> O	Ja	Berücksichtigung direkter N <sub>2</sub> O-Emissionen und indirekter N <sub>2</sub> O-Emissionen durch Auswaschung gemäss Emissionsquellen A und B in Kapitel 1.4.1.  Die Emissionen werden anlehnend an das Modell des Schweizer Treibhausgasinventars und unter Berücksichtigung des Einflusses von DMPP berechnet.
	Stickstoff-Dünger mit DMPP (ENTEC 26*). Emissionsquelle C gemäss Kapitel 1.4.1	N <sub>2</sub> O	Nein	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen durch Verflüchtigung und Deponierung von Ammoniak gemäss Emissionsquelle C in Kapitel 1.4.1.  Diese Emissionen werden nicht berücksichtigt, da kein statistisch signifikanter Effekt durch DMPP festgestellt werden konnte und somit die Projektmissionen und die Emissionen in der Referenzentwicklung identisch sind.
	Andere	-	Nein	k.A.
Referenz-entwicklung	Boden-Kohlenstoff	CO <sub>2</sub>	Nein	k.A.
	Anaerober Abbau von Bodenkohlenstoff; Oxidation von atmosphärischem CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	Nein	k.A.
	Stickstoff-Dünger ohne DMPP. Emissionsquellen A und B gemäss Kapitel 1.4.1	N <sub>2</sub> O	Ja	Berücksichtigung direkter N <sub>2</sub> O-Emissionen und indirekter N <sub>2</sub> O-Emissionen durch Auswaschung gemäss Emissionsquellen A und B in Kapitel 1.4.1.

<sup>21</sup> Ein gewisser Teil der beobachteten Wirkung von DMPP beruht vermutlich auf der Verminderung anderer Lachgasquellen, namentlich der reduzierten Nitrifikation von mineralischem Bodenstickstoff sowie Stickstoff aus Ernterückständen. Die verschiedenen Wirkungen können nicht einzeln, sondern nur aggregiert erfasst werden. Vgl. hierzu die Beschreibung des Parameters  $K_{\text{direkt}}$  im Abschnitt 6.2.

				Die Emissionen werden anlehnend an das Modell des Schweizer Treibhausgasinventars berechnet.
	Stickstoff-Dünger ohne DMPP. Emissionsquelle C gemäss Kapitel 1.4.1	N <sub>2</sub> O	Nein	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen durch Verflüchtigung und Deponierung von Ammoniak gemäss Emissionsquelle C in Kapitel 1.4.1.  Diese Emissionen werden nicht berücksichtigt, da kein statistisch signifikanter Effekt durch DMPP festgestellt werden konnte und somit die Projektmissionen und die Emissionen in der Referenzentwicklung identisch sind.
	Andere	-	Nein	k.A.

### 3.2 Einflussfaktoren

Es gibt nur wenige Einflussfaktoren, welche direkte Einwirkungen auf das Referenzszenario oder die erzielten CO<sub>2</sub>eq-Einsparungen haben.

- **Gesetzliche Rahmenbedingungen:** Wie im Kapitel 2.2.2 erwähnt wurden in der Schweiz im Jahr 2006 erstmals NH zugelassen. Die seither eingesetzten NH (ENTEC) besetzen nach wie vor nur eine Nische im Düngemarkt. Aufgrund dieser Entwicklung erscheint ein zukünftiges Verbot, eine staatliche Förderung oder ein Obligatorium von NH in der Schweiz derzeit nach wie vor sehr unwahrscheinlich. Da auch der N-Absenkpfad des Bundes bis 2030 zu keinen konkreten Massnahmen verpflichtet, welche den Einsatz von NH betreffen, ist in der 2. Kreditierungsperiode (bis 2030) dieses Programms keine staatliche Förderung oder Verwendungspflicht von NH zu erwarten.
- **Technologie und Markt für NH:** Europaweit wird DMPP seit 1999 in der Landwirtschaft eingesetzt. Zum heutigen Zeitpunkt ist kein alternativer NH für Mineraldünger absehbar, welcher während der Programmdauer in der Schweiz eingesetzt werden könnte.
- **Stickstoffmarkt:** Der Preis für Stickstoff kann mitunter stark fluktuieren. Dies hat jedoch praktisch keine Auswirkungen auf die für dieses Programm relevanten *Zusatzkosten* von ENTEC 26\* im Vergleich zu herkömmlichen Düngern.

### 3.3 Leakage

Im Folgenden werden die möglichen Leakage Effekte ausserhalb der Systemgrenze diskutiert. Dabei ist die Schlussfolgerung, dass die Emissionen auch ausserhalb der Systemgrenzen durch das Programm klar reduziert werden. Die Vernachlässigung dieses „negativen“ Carbon Leakage ist konservativ, d.h. die effektiv erzielten Emissionsreduktionen sind höher als die beantragten Bescheinigungen.

Folgende Effekte von DMPP sind in der Berechnung der Emissionsreduktionen des Programms nicht berücksichtigt:

## 1. Bodenbiologie

Die folgenden Aspekte der Bodenbiologie führen tendenziell zu verminderten Emissionen:

### a. CH<sub>4</sub>

In einer Studie mit vergleichbaren klimatischen Bedingungen wurde gezeigt, dass DMPP die Oxidation von atmosphärischem Methan (d.h. die Wirkung von Böden als Methansenke) bei ungedüngtem Boden um 14%, bei gedüngtem Boden um 28% erhöht und somit zu einer Reduktion der Methanemissionen (bzw. zu einer Erhöhung der Methan-Senkenleistung der Böden) im selben Umfang führt [9]. Neuere Metastudien konnten hingegen keinen signifikanten Effekt von DMPP auf die Methan-Oxidation der Versuchsböden ausweisen [27][20].

### b. CO<sub>2</sub>

In derselben Studie wurde durch den Einsatz von DMPP eine Reduktion der Mineralisierung des Bodenkohlenstoffs von 28% gemessen [9]. Die damit verbundene Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen überstieg die Lachgasreduktion um den Faktor 13.<sup>22</sup> Dieser Effekt wurde auch bei einer aktuelleren Studie beobachtet, erwies sich in globalen Metastudien allerdings ebenfalls nicht als signifikant [20] [27].

### c. NO<sub>x</sub>-Emissionen

NO<sub>x</sub>-Emissionen führen indirekt zu N<sub>2</sub>O-Emissionen, welche im Schweizer Inventar berichtet werden.<sup>23</sup> Gemäss einer Metastudie führt DMPP durchschnittlich zu 36% geringeren NO-Emissionen und zu einer entsprechenden Reduktion dieser indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen [11].

## 2. Landwirtschaftliche Produktion und N-Bilanz

Zwei Effekte führen tendenziell zu verminderten Emissionen:

### a. Ertragssteigerung und Ertragssicherung

Gemäss Auskunft von Omya (Schweiz) AG werden mit ENTEC 26 gleiche oder höhere Erträge erzielt. In vielen Studien wurde eine Ertragssteigerung beobachtet. In manchen Fällen wurde hingegen kein Einfluss, selten sogar ein leichter Ertragsrückgang festgestellt. Eine ertragssteigernde Wirkung kann deshalb nicht pauschal postuliert werden. Plausibel und ein wichtiges Verkaufsargument ist hingegen die *ertragssichernde* Wirkung: Beispielsweise ist bei Niederschlägen nach Düngung mit ENTEC 26 eine geringere Stickstoff-Auswaschung zu erwarten. Zudem erübrigt der Einsatz von ENTEC bei gewissen Kulturen eine oder sogar zwei zusätzliche Düngergaben nach einigen Wochen (vgl. nachstehenden Punkt 3). Damit entfällt auch das Risiko, dass diese Nachdüngung nicht wie gewünscht wirkt, z.B. bei anhaltender Trockenheit. Insgesamt dürfte sich das Programm in der Tendenz leicht positiv auf die landwirtschaftlichen Erträge auswirken.<sup>24</sup> Entsprechend sind auch geringere Emissionen pro produzierte Einheit zu erwarten.

### b. Reduzierter N-Einsatz

Der Verkauf von ENTEC 26\* ist in der Regel auch mit einer Beratung des Landwirtes verbunden. In Einzelfällen kann dies dazu führen, dass der Landwirt bei Verwendung von ENTEC 26\* die zugeführte N-Menge etwas reduziert, mit entsprechender emissionsmindernder Wirkung. In den meisten Fällen ist es für den Landwirt aber

<sup>22</sup> Gemäss [9]Tabelle 3 betrug die CO<sub>2</sub>-Einsparung von DMPP im Vergleich zur gedüngten Kontrolle rund 550 kg CO<sub>2</sub>eq/ha.a, die N<sub>2</sub>O-Einsparung hingegen 40 kg CO<sub>2</sub>eq/ha.a

<sup>23</sup> Siehe [12] ab Seite 268, Figure 6-6

<sup>24</sup> Siehe [24] Abbildung 2 a); DMPP hat tendenziell einen positiven Effekt auf landwirtschaftliche Erträge, jedoch nicht signifikant

wirtschaftlicher, die N-Menge konstant zu halten und stattdessen den Ertrag zu optimieren.

**c. Keine N-Anreicherung im Boden**

Mehrere Studien belegen, dass auch bei mehrjährigem Einsatz von DMPP keine Anreicherung von mineralischem Stickstoff im Boden stattfindet [9][10]. Ein Lachgasschub nach erneuter Umstellung auf konventionelle Dünger ist deshalb auszuschliessen.

**3. Ausbringung des Düngers (Treibstoffverbrauch)**

Der Masseanteil von DMPP in ENTEC 26\* beträgt lediglich 0.148%.<sup>25</sup> Zudem enthält der Wirkstoff DMPP auch Stickstoff. Eine Tonne herkömmlicher Mineraldünger ist somit mit einer Tonne ENTEC 26\* ersetzbar. Also sind diesbezüglich keine signifikanten Zusatzemissionen durch erhöhten Transport/Ausbringungsaufwand zu erwarten. Im Gegenteil bietet ENTEC 26\* den Vorteil, dass die Anzahl Gaben im Vergleich zu herkömmlichen Mineraldüngern oft reduziert werden kann, z.B. bei Mais, Getreide und Gemüse. Dies führt zu Emissionsreduktionen durch **reduzierten Treibstoffverbrauch**.

**4. Produktion, Vertrieb, Logistik und Beimischung von DMPP in den Dünger**

Die Produktion, Vertrieb, Logistik und die Beimischung von DMPP in den Dünger könnten unter Umständen zu zusätzlichen Emissionen führen, welche im Referenzszenario nicht stattgefunden hätten. Die Produktion von DMPP findet im Ausland statt. Emissionen aufgrund der Produktion sind daher nicht zu berücksichtigen. Für die Beimischung wird DMPP auf den Ausgangsdünger aufgesprüht und in einer elektrisch betriebenen Trommel vermischt. Die Beimischung findet bisher im Ausland statt. Sollte DMPP zukünftig auch in der Schweiz beigemischt werden, würden die Emissionen aufgrund des Stromverbrauchs weniger als 0.1% der Emissionsverminderungen ausmachen und sind daher vernachlässigbar. Der stabilisierte Dünger enthält 0.148% des zusätzlichen Wirkstoffs DMPP. Die möglichen zusätzlichen Transportemissionen im Vergleich zu herkömmlichem Mineraldünger machen weniger als 0.01% der Emissionsverminderungen aus und sind somit ebenfalls vernachlässigbar.

Unter Berücksichtigung aller vier Aspekte führt das Programm folglich zu einer nicht unerheblichen Reduktion der Emissionen ausserhalb der Systemgrenze. Negatives Carbon Leakage ist im Rahmen von Bescheinigungen nicht anrechenbar. Insofern ist die Schlussfolgerung, dass das Carbon Leakage dieses Programmes Null ist.

---

<sup>25</sup> 0.8% in Bezug auf den Ammoniumstickstoff-Gehalt (siehe Tabelle 1). Letzterer beträgt 18.5% [13].

### 3.4 Projektemissionen/Emissionen der Vorhaben

Der Programmemissionsfaktor berechnet sich anlehnend an die Berechnung im neuesten verfügbaren Schweizerischen Treibhausgasinventar [1] und anhand der Faktoren in Tabelle 3 wie folgt:

$$EF_P = (K_{Aus} * F_{Aus} * EF_{Aus} + K_{direkt} * EF_{direkt}) * U_{N2O-N} * GWP_{N2O} \quad (1)$$

Berücksichtigt werden in dieser Berechnung die **direkten Emissionen** sowie die **indirekten Emissionen über die Auswaschung** von Stickstoff (vgl. Kapitel 1.4.1, Wege A und B).

Die Programmmissionen berechnen sich auf der Basis des zusätzlichen Absatzes von ENTEC 26\*  $M_{N,P}$  (nachstehend als Programmabsatz bezeichnet) im Vergleich zum Referenzabsatz, welcher durch die Förderung durch das Programm induziert wird:

$$E_P = M_{N,P} * EF_P \quad (2)$$

$$M_{N,P} = \text{MAX}(M_N - M_{N,R}; 0) * (1 - q_{FL}) \quad (3)$$

Die Maximalfunktion wird eingeführt für den Fall, dass der ENTEC 26\*-Absatz während der Programmlaufzeit trotz Förderung durch Bescheinigungen unter den Referenzabsatz zurückgeht. Somit wird sichergestellt, dass keine „negativen“ Bescheinigungen generiert werden.

Der Korrekturterm  $(1 - q_{FL})$  bereinigt den Programmabsatz um den in Liechtenstein erzielten Anteil.

$M_N$  ist gleich der Summe der verkauften Menge ENTEC 26\* aller am Programm teilnehmenden Projekte  $i$   $M_{ENTE C,i}$  multipliziert mit dem Stickstoffgehalt  $F_N$  von ENTEC 26\*.

$$M_N = \sum_i F_N * M_{ENTE C,i} \quad (4)$$

$M_{N,R}$  entspricht der Menge an ENTEC 26\*, welche auch ohne das Programm verkauft worden wäre (siehe Definition des Referenzabsatzes im Abschnitt 1.5).  $M_{N,R}$  wird ex post aktualisiert, sobald sich der Index  $I_N$  für den gesamten Absatz an mineralischem Stickstoff in der Schweiz (inkl. Harnstoff) um mehr als 5% gegenüber seinem Referenzwert verändert:

$$M_{N,R} = \begin{cases} 0.95 \leq I_N \leq 1.05 & M_{N,R} = M_{N,R,0} \\ I_N < 0.95 \text{ oder } I_N > 1.05 & M_{N,R} = M_{N,R,0} * I_N \end{cases} \quad (5)$$

Der Index  $I_N$  bezeichnet das Verhältnis zwischen dem gleitenden, durchschnittlichen jährlichen Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff  $MD_{CH}$  während der Kreditierungsperiode und dem entsprechenden Referenzwert  $MD_{CH,0}$  für die Periode 2015-2019.

$$I_N = \frac{MD_{CH,t}}{MD_{CH,0}} \quad (6)$$

$$MD_{CH,0} = 0.2 * \sum_{i=2015}^{2019} M_{CH,i} \quad (7)$$

$$MD_{CH,t} = 0.2 * \sum_{i=2015+t}^{2019+t} M_{CH,i} \quad (8)$$

wobei  $M_{CH,i}$  den Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff in der Schweiz im Jahr  $i$  bezeichnet.

Falls der Index  $I_N$  die Schwellenwerte von 1.05 bzw. 0.95 in einem Jahr  $t$  der Programmlaufzeit über- bzw. unterschreitet, so werden auch die Referenzwerte neu festgelegt auf  $M_{N,R,0} = M_{N,R,t}$  und  $MD_{CH,0} = MD_{CH,t}$ . Das bedeutet, dass der Referenzabsatz von ENTEC 26\* erst dann erneut angepasst wird, wenn sich der Index  $I_N$  wieder um mehr als 5% verändert hat.

Die Berechnungsfaktoren für die Projektemissionen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Programmmissionen – Übersicht der Parameter.  
Vgl. Kapitel 5.3 für genauere Quellenangaben und Diskussion der gewählten Werte.

Symbol	Beschreibung	Einheit	Bestimmung	Quelle	Wert
EF <sub>P</sub>	Programmmissionsfaktor	t CO <sub>2</sub> eq / t N	ex-ante	Berechnung	2.47
	Programmmissionsfaktor in t N <sub>2</sub> O / t N (berechnet aus EF <sub>P</sub> und GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> )	t N <sub>2</sub> O / t N	ex-ante	Berechnung	0.0083
M <sub>N</sub>	Gesamter ENTEC 26*-Absatz in der Schweiz im Programmjahr	t N	ex-post	Berechnung	-
M <sub>N,P</sub>	Programmabsatz ENTEC 26* im Programmjahr	t N	ex-post	Berechnung	-
M <sub>N,R</sub>	Referenzabsatz ENTEC 26* im Programmjahr	t N	ex-post	Berechnung	-
M <sub>ENTE<i>C</i>,i</sub>	Im Programmjahr durch den Vertreter i, verkaufte Menge ENTEC 26*	t Dünger	ex-post	Monitoring	-
K <sub>direkt</sub>	Faktor für die Direktemissionen bei Verwendung von DMPP	-	ex-ante	[9][10][26]	0.35
K <sub>Aus</sub>	Faktor für die Auswaschung bei Verwendung von DMPP	-	ex-ante	[20]	0.67
EF <sub>direkt</sub>	N <sub>2</sub> O-Emissionsfaktor für Direktemissionen	t N <sub>2</sub> O-N/t N	ex-ante	IPCC (2019), [1]	0.01
EF <sub>Aus</sub>	N <sub>2</sub> O-Emissionsfaktor für ausgewaschenes N	t N <sub>2</sub> O-N/t N	ex-ante	IPCC (2019)	0.011
F <sub>Aus</sub>	Anteil N, welcher ausgewaschen wird	-	ex-ante	IPCC (2019)	0.24
GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub>	GWP-100 Faktor für N <sub>2</sub> O	t CO <sub>2</sub> eq/ t N <sub>2</sub> O	ex-ante	CO <sub>2</sub> -Verordnung <sup>26</sup>	298
U <sub>N<sub>2</sub>O-N</sub>	Stöchiometrische Umwandlung	t N <sub>2</sub> O/ t N <sub>2</sub> O-N	ex-ante	Stöchiometrie	1.571
F <sub>N</sub>	Anteil Stickstoff in ENTEC 26*	t N / t Dünger	ex-post	[13]	26%
E <sub>P</sub>	Gesamtemission mit dem Programm im Programmjahr	t CO <sub>2</sub> eq	ex-post	Berechnung	-
Q <sub>FL</sub>	Anteil von Liechtenstein am Programmabsatz	-	ex-ante	Vgl. Abschnitt 5.3.1	0.0042
M <sub>N,R,0</sub>	Ausgangswert für den Referenzabsatz von ENTEC 26*	t N	ex-ante	Vgl. Anhang 3, revidiert im 5. Monitoringbericht	██████
I <sub>N</sub>	Index für den Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff in der Schweiz (inkl. Harnstoff) im Programmjahr	-	ex-post	Berechnung	-
MD <sub>CH,0</sub>	Referenzwert für den Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff (inkl. Harnstoff, Mittel 2015 - 2019)	t N /a	ex-ante	[15], vgl. A3; revidiert im 6. Monitoringbericht	45'088
MD <sub>CH,t</sub>	Gleitender mittlerer Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff (inkl. Harnstoff)	t N /a	ex-post	NIR Schweiz	-

<sup>26</sup> Version 15.02.2023 - Stand 1.10. 2022

### Konservativität des gewählten Ansatzes

Der beschriebene Ansatz ist konservativ, weil die mit dem Einsatz von ENTEC 26\* verbundenen Emissionsreduktionen infolge geringerer NO<sub>x</sub> und N<sub>2</sub> Emissionen, höherer Pflanzenerträge, Treibstoffeinsparungen (alle mit hoher Sicherheit) sowie ggf. erhöhter Methanoxidation und reduzierter Mineralisierung von Boden-Kohlenstoff (geringe Sicherheit) nicht als Bescheinigungen gelten gemacht werden.

Vor allem aber liegt der im Schweizer Treibhausgasinventar verwendete Emissionsfaktor für die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen (EF1) mit 1% deutlich unter dem 2019 vom IPCC publizierten, nach Klimazone disaggregierten Standardwert von 1.6%. Da selbst dieser Faktor, wie neuere wissenschaftliche Studien aufzeigen, die direkten Lachgasemissionen systematisch unterschätzen [22] [23], ist der gewählte Emissionsfaktor als sehr konservativ einzustufen. Dadurch werden auch die Emissionsverminderungen des Programms systematisch unterschätzt.

Ausserdem wird der Referenzabsatz von ENTEC 26\* im Rahmen dieses Programmes nicht mit Bescheinigungen abgegolten. Hingegen hat der Bund die Möglichkeit, die mit dem Referenzabsatz verbundene Emissionsreduktion in seine Treibhausgas-Berichterstattung aufzunehmen. Somit ermöglicht dieses Programm dem Bund eine buchhalterische Emissionsreduktion, für welche das Programm jedoch keine Bescheinigungen beansprucht. Das Programm beansprucht also konservativ weniger Bescheinigungen, als der Bund sich effektiv Emissionsreduktionen anrechnen kann.

### 3.5 Referenzentwicklung

Der Referenzemissionsfaktor EF<sub>R</sub> berechnet sich anlehnend an das Schweizer Treibhausgasinventar und die Werte in Tabelle 4 wie folgt:

$$EF_R = (F_{Aus} * EF_{Aus} + EF_{direkt}) * U_{N2O-N} * GWP_{N2O} = 5.92 \text{ t CO}_2\text{eq/t N} \quad (9)$$

Die Referenzemissionen berechnen sich auf Basis des Programmabsatzes M<sub>N,P</sub> folgendermassen:

$$E_R = M_{N,P} * EF_R \quad (10)$$

Symbol	Beschreibung	Einheit	Bestimmung	Quelle	Wert
E <sub>R</sub>	Referenzemission im Programmjahr	t CO <sub>2</sub> eq	ex-post	Berechnung	-
EF <sub>R</sub>	Referenzemissionsfaktor	t CO <sub>2</sub> eq/t N	ex-ante	Berechnung	5.92
	Referenzemissionsfaktor in t N <sub>2</sub> O / t N (berechnet aus EF <sub>R</sub> und GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> )	t N <sub>2</sub> O/t N	ex-ante	Berechnung	0.0199

Tabelle 4: Referenzemissionen – Übersicht der Parameter. Vgl. auch Tabelle 3 für die bereits verwendeten Parameter.



### 3.6 Erwartete Emissionsvermindierungen (ex-ante)

Die nachstehende Tabelle zeigt die erwarteten Emissionsvermindierungen während der zweiten Kreditierungsperiode. Sie unterstellt eine nahtlose Erneuerung der Kreditierungsperiode zum 1. Oktober 2023. Die Annahmen zu den verkauften ENTEC 26\* Mengen basieren dabei auf Schätzungen der drei aktuell teilnehmenden Projekte und die total erwarteten Emissionsvermindierungen beziehen sich auf diese aktuell teilnehmenden drei Projekte. Sie unterliegen ausserdem einer hohen Unsicherheit. Zum Vergleich zeigt die Tabelle auch die ursprünglich erwarteten sowie die tatsächlich erzielten Emissionsvermindierungen der ersten Kreditierungsperiode. Vgl. Berechnungen im Anhang A3.1.

Bei einem unterjährigen Start und Ende des Programms sind der Referenzabsatz und die darauf aufbauenden Referenzemissionen nicht linear zu kürzen, sondern proportional zur durchschnittlichen monatlichen Absatzverteilung gemäss Anhang 3. Diese Anforderung ist in der nachstehenden Tabelle berücksichtigt. Sie betrifft insbesondere die Werte für das Kalenderjahre 2023.

	Erwartete Referenzemissionen (t CO2eq)	Erwartete Programmmissionen (t CO2eq)	Erwartete Emissionsvermindierungen (t CO2eq)	Effektive Emissionsvermindierungen (t CO2eq)
2016:1.10.-31.12.2016	746	270	476	275
2017	1'491	540	952	2'721
2018	2'237	809	1'427	4'049
2019	3'728	1'349	2'379	6'258
2020	5'219	1'889	3'331	6'158
2021	5'219	1'889	3'331	6'318
2022: 1.1.-30.4.2022	5'219	1'889	3'331	3'704
<b>1. Kalenderjahr: 2023 1.10.-31.12.2023</b>	<b>4'520</b>	<b>1'884</b>	<b>2'636</b>	-
2. Kalenderjahr: 2024	13'173	5'491	7'682	-
3. Kalenderjahr: 2025	13'942	5'812	8'131	-
4. Kalenderjahr: 2026	14'711	6'132	8'579	-
5. Kalenderjahr: 2027	15'481	6'453	9'028	-
6. Kalenderjahr: 2028	16'250	6'774	9'477	-
7. Kalenderjahr: 2029	17'020	7'094	9'925	-
8. Kalenderjahr: 2030	17'789	7'415	10'374	-
<i>1. Kreditierungsperiode</i>	<i>23'859</i>	<i>10'191</i>	<i>13'668</i>	<i>29'483</i>
<b>2. Kreditierungsperiode</b>	<b>112'886</b>	<b>47'055</b>	<b>65'831</b>	-
Über die Projektdauer	136'745	57'246	79'499	-

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

Landwirtschaftsbetriebe beschaffen ihren Dünger in der Regel kurzfristig, ohne grössere Lager anzulegen. Die Menge des verkauften Stickstoffs in jedem Kalenderjahr entspricht daher näherungsweise der Menge des auf Schweizer Landwirtschaftsflächen eingesetzten Stickstoffs im betreffenden Jahr.

## 4 Nachweis der Zusätzlichkeit

### Analyse der Zusätzlichkeit

Im Jahr 2012 wurden in der Schweiz weniger als [REDACTED] des Mineraldüngerstickstoffs mit dem Zusatzstoff DMPP ausgebracht.<sup>27</sup> Dank dem Programm konnte ihr Anteil seit 2016 nach Berechnung von First Climate [REDACTED] gesteigert werden. Die Erneuerung der Kreditierungsperiode wird es ermöglichen, die verbilligte Abgabe von ENTEC 26\* weiterzuführen. Damit soll der Marktanteil im Minimum stabil gehalten und nach Möglichkeit weiter gesteigert werden.

### Wirtschaftlichkeitsanalyse

Im Rahmen des vorliegenden Programms verpflichten sich die Vertrieber von ENTEC 26\*, ihre Nettomarge (siehe Definition in Kapitel 1.4.5) auf [REDACTED] des Erlöses aus dem Produktverkauf zu reduzieren (Details in Kapitel 1.4.5), [REDACTED]. Falls der Vertrieber das Produkt bereits vor der Teilnahme am Programm vertrieben hat, muss er zusätzlich nachweisen, dass die Nettomarge substantiell reduziert wurde. Aus Sicht des Vertriebers ist eine solche Massnahme deshalb in keiner Weise wirtschaftlich ohne die zusätzlichen Einnahmen durch die Bescheinigungen. Dieser Befund verändert sich auch nicht, wenn der erwartete zukünftige Absatz in einem plausiblen Rahmen variiert wird ( $\pm 10\%$ ). Anhang 4 zeigt eine entsprechende Wirtschaftlichkeitsrechnung (Benchmarkanalyse) am Beispiel des Mustervorhabens von Omya Schweiz AG.

Zusätzlich ist hinzuzufügen, dass der Vertrieber ein substanzielles Risiko eingeht, indem er in jedem Programmjahr seinen gesamten Absatz verbilligt, obwohl ihm bis zur Höhe des Referenzabsatzes kein Anspruch auf Bescheinigungen erwächst. Das bedeutet, dass der Vertrieber mit einem erheblichen finanziellen Verlust rechnen muss, falls die im Rahmen des Programms erzielte Absatzsteigerung nicht ausreicht, um die entgangene Marge auf dem Referenzabsatz zu kompensieren.

### Übliche Praxis

Dank der erfolgreichen Durchführung der ersten Kreditierungsperiode des vorliegenden Programms, gibt es mittlerweile drei Vertrieber von Mineraldünger mit DMPP in der Schweiz: Omya (Schweiz) AG, Agro Mittelland GmbH (AGM) und Landor, fenaco Genossenschaft. Die Dünger ENTEC 26\* und *ENTEC perfekt* werden für den Einsatz bei gewissen Feldfrüchten verkauft. Während Omya (Schweiz) AG sowohl Zwischenhändler wie auch Endkunden (Landwirte) beliefert, liefert AGM ausschliesslich direkt an Landwirte. Die Landor hingegen liefert den verkauften Dünger ausschliesslich an die Landis in der Vertriebsregion. Die Marktdurchdringung der beiden Produkte ist im Vergleich zum gesamten Markt für Mineraldüngerstickstoff wie oben erwähnt weiter klein. Neben den im Programm aufgenommenen Vorhaben sind keine weiteren Akteure bekannt, welche Mineraldünger mit Nitrifikationshemmern in die Schweiz importieren und hier vertreiben (oder solche Dünger in der Schweiz herstellen).

Diese Entwicklung weist darauf hin, dass eine weitere, wesentliche Erhöhung des Absatzes von ENTEC 26\* in der Schweiz ohne Förderung durch Bescheinigungen sehr unwahrscheinlich ist. Im Gegenteil ist bei Nichterneuerung der Kreditierungsperiode damit zu rechnen, dass ENTEC 26\* die gewonnenen Marktanteile wieder verliert (vgl. Abschnitt 1.5, Referenzszenario).

---

<sup>27</sup> Berechnet anhand des Stickstoff-Gesamtverbrauchs 2012 von 45.5 kt. und dem Stickstoff-Gesamtverbrauch von 2020 von 41.1 kt..

## 5 Aufbau und Umsetzung des Monitorings

### 5.1 Beschreibung der gewählten Nachweismethode

#### Beschreibung der Kernparameter für das Monitoring

Für die Berechnung der jährlichen Emissionsreduktionen müssen folgende Parameter ex-post erhoben werden:

- $M_{ENTEC,i}$  Im Programmjahr durch den Vertreiber  $i$  verkaufte Menge ENTEC 26\* (in Tonnen)
- $F_N$  Stickstoff-Anteil in ENTEC 26\*
- $MD_{CH,t}$  Mittlerer Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff (inkl. Harnstoff) in der Schweiz in einem gleitenden Fünfjahreszeitraum, gemäss Gleichung 8

Die restlichen Parameter werden ex-post aus anderen Parametern berechnet, bzw. wurden bereits ex-ante bestimmt.

Die ex-post erhobenen Werte können in die Berechnungsvorlage (siehe Anhang 5) eingefügt werden. Daraus wird automatisch die jährliche Emissionsreduktionsleistung errechnet.

Die Menge des verkauften Stickstoffs im Jahr  $X$  entspricht annäherungsweise der Menge des auf Schweizer Landwirtschaftsflächen eingesetzten Stickstoffs im Jahr  $X$ . Dies weil Dünger in der Regel kurzfristig von Landwirtschaftsbetrieben eingekauft wird, ohne grössere Lager anzulegen.

Zur Gewährleistung, dass die im Kapitel 1.4.5 aufgeführten Teilnahmekriterien des Programmes eingehalten werden, wird zusätzlich jeder Vertreiber verpflichtet aufzuzeigen, dass seine Nettomarge aus dem Verkauf von ENTEC 26\* im jeweiligen Programmjahr weniger als  $\frac{1}{10}$  des Erlöses aus dem Verkauf des Produktes beträgt. Hierzu soll der Vertreiber die folgenden Parameter erheben:

- Nettomarge des Vertreibers  $i$  aus dem Verkauf von ENTEC 26\* im Programmjahr (in CHF)
- Erlös des Vertreibers  $i$  aus dem Verkauf von ENTEC 26\* im Programmjahr (in CHF)

Zudem ist auch die Erfüllung der übrigen Teilnahmekriterien jährlich zu kontrollieren; vgl. hierzu Anhang 1 für das Mustervorhaben.

#### Plausibilisierung der Absatzdaten

Die Vertreiber stickstoffhaltiger Düngemittel unterliegen der Pflichtlagerhaltungs- und Meldepflicht und den damit verbundenen Prozessen zur Qualitätssicherung der Daten.<sup>28</sup> Jeder Programmteilnehmer ist somit verpflichtet, der Agricura<sup>29</sup> monatlich seine Absatzmengen zu melden. Im Falle des Mustervorhabens der Omya (Schweiz) AG werden die gemeldeten Absatzzahlen dem ERP-System (SAP) entnommen. Ende Jahr meldet der Vertreiber der Agricura zudem den Lagerbestand. Diese kontrolliert die Lagerbestände regelmässig vor Ort. Zudem meldet die Zollbehörde der Agricura die importierten Düngermengen. Mit diesen zusätzlichen Daten kann die Agricura die Korrektheit der vom Vertreiber gemeldeten Daten überprüfen.

<sup>28</sup> Die Pflichtlagerhaltungs- und Meldepflicht gilt für die Inverkehrbringung stickstoffhaltiger Düngemittel im Inland (einschliesslich Fürstentum Liechtenstein) oberhalb einer Freigrenze von 100 kg pro Kalenderjahr.

<sup>29</sup> Die Agricura ist im Sinne der wirtschaftlichen Landesversorgung eine privatrechtliche Selbsthilfeorganisation der Schweizerischen Stickstoffpflichtlagerhalter. Als Genossenschaft erfüllt sie Aufgaben, die ihr vom Bund im Zusammenhang mit der Pflichtlagerhaltung übertragen werden.

## 5.2 Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen

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

Die erzielten Emissionsverminderungen (ER) werden, wie untenstehend berechnet (11). Abzüge für Leakage Effekte kommen, wie im Kapitel 3.3 beschrieben, keine zur Anwendung.

$$ER = E_R - E_P \quad (11)$$

Die genaue Berechnung der Programm- resp. Referenzemissionen wird in den Kapiteln 3.4 und 3.5 im Detail beschrieben. Die Berechnung erfolgt anlehnend an das neuste verfügbare Schweizerische Treibhausgasinventar und verwendet die Faktoren aus Tabelle 3 & Tabelle 4. Die relevanten Formeln sind untenstehend erneut aufgeführt.

#### Programmmissionen

$$EF_P = (K_{Aus} * F_{Aus} * EF_{Aus} + K_{direkt} * EF_{direkt}) * U_{N2O-N} * GWP_{N2O} \quad (12')$$

Wobei:

$$E_P = M_{N,P} * EF_P \quad (13')$$

Mit:

$$M_{N,P} = \text{MAX}(M_N - M_{N,R}; 0) * (1 - q_{FL}) \quad (14')$$

$$M_N = \sum_i F_N * M_{ENTEC,i} \quad (15')$$

$$M_{N,R} = \begin{cases} 0.95 \leq I_N \leq 1.05 & M_{N,R} = M_{N,R,0} \\ I_N < 0.95 \text{ oder } I_N > 1.05 & M_{N,R} = M_{N,R,0} * I_N \end{cases} \quad (16')$$

$$I_N = \frac{MD_{CH,t}}{MD_{CH,0}} \quad (17')$$

$$MD_{CH,0} = 0.2 * \sum_{i=2015}^{2019} M_{CH,i} \quad (18')$$

$$MD_{CH,t} = 0.2 * \sum_{i=2015+t}^{2019+t} M_{CH,i} \quad (19')$$

#### Referenzemissionen

$$EF_R = (F_{Aus} * EF_{Aus} + EF_{direkt}) * U_{N2O-N} * GWP_{N2O} = 5.92 \text{ t CO}_2\text{eq/t N} \quad (20')$$

Wobei:

$$E_R = M_{N,P} * EF_R \quad (21')$$

### 5.2.2 Wirkungsaufteilung

Es ist keine Wirkungsaufteilung vorzunehmen, da keine Finanzhilfen erfolgen.

### 5.3 Datenerhebung und Parameter

#### 5.3.1 Fixe Parameter

##### a) Ex-ante festgelegte Parameter

Parameter	EF <sub>P</sub>
Beschreibung des Parameters	Der Programmemissionsfaktor beträgt <b>2.47 t CO<sub>2</sub>eq/t N</b>
Einheit	t CO <sub>2</sub> eq/t N
Datenquelle	Kapitel 3.4

Parameter	EF <sub>R</sub>
Beschreibung des Parameters	Der Referenzemissionsfaktor beträgt <b>5.92 t CO<sub>2</sub>eq/t N</b>
Einheit	t CO <sub>2</sub> eq/t N
Datenquelle	Kapitel 3.5

Parameter	M <sub>N,R,0</sub>
Beschreibung des Parameters	Der Ausgangswert für den Referenzabsatz von ENTEC 26* beträgt <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>
Einheit	t N
Datenquelle	Herleitung anhand historischer Verkaufsdaten, siehe Kapitel 1.5

Parameter	K <sub>direkt</sub>
Beschreibung des Parameters	Faktor für die verbleibenden direkten N <sub>2</sub> O-Emissionen infolge Stickstoffdüngung bei Anwendung von DMPP. Der Wert von K <sub>direkt</sub> beträgt <b>35%</b> . Die Reduktion der Emissionen ist folglich 65% (d.h. 1- K <sub>direkt</sub> ).
Einheit	[%]
Datenquelle	Im Folgenden beschreiben wir den Prozess für die Herleitung des Faktors K <sub>direkt</sub> .  Die N <sub>2</sub> O Emissionen aus landwirtschaftlichen Feldexperimenten generell sowie in gewissem Umfang auch die Wirkung von DMPP sind abhängig von der agronomischen Praxis, den Klimabedingungen und den Bodeneigenschaften. Darum ist es

	<p>sinnvoll, den Faktor <math>K_{\text{direkt}}</math> möglichst spezifisch den Bedingungen dieses Programms anzupassen.</p> <p>Entsprechend wurden für die in 2016 validierte, ursprüngliche Programmbeschreibung wissenschaftliche Studien ausgewertet, welche folgenden Kriterien entsprechen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nutzung von <i>ENTEC 26*</i> für die Studie (DMPP auf Ammoniumsulfatnitrat aufgesprüht durch Düngerhersteller gemäss Vorgaben des DMPP-Herstellers)</li> <li>2. Vergleichbarkeit des Klimas mit der Schweiz</li> <li>3. Vergleichbare Anbaumethoden und Düngermenge</li> <li>4. Vergleichbare Kulturen (Acker-/Gartenbau)</li> <li>5. Messung einer ungedüngten Kontrolle zur Berechnung des Dünger-Emissionsfaktors</li> <li>6. Länge der <math>N_2O</math> Messreihe (min 1 Jahr)</li> <li>7. Publikation in <i>peer-reviewed</i> Journal</li> </ol> <p>Diese hohen Anforderungen erfüllten damals zwei Studien, welche über jeweils 2 Jahre in Deutschland Messungen durchführten [9] [10]. Untersucht wurden die kumulativen jährlichen <math>N_2O</math>-Emissionen bei Düngung mit <i>ENTEC 26*</i> und einem ansonsten identischen Referenzprodukt ohne DMPP (Ammoniumsulfatnitrat (ASN)). Als Kontrolle dienten ungedüngte Flächen ohne Zusatz von DMPP. Im Mittel der beiden Studien zeigte sich eine Minderungswirkung von 73%. Nach Rücksprache mit dem BAFU wurde <math>K_{\text{direkt}}</math> damals aus Gründen der Konservativität auf 0.35 festgelegt, was der in [10] beobachteten Minderungswirkung von 65% entsprach.</p> <p>Für die Revalidierung wurden einerseits neu publizierte Feldstudien ausgewertet, welche den oben genannten Kriterien entsprechen. Andererseits wurden auch verschiedene neu publizierte Metastudien ausgewertet, um <math>K_{\text{direkt}}</math> möglichst breit abzustützen.</p> <p>Als zusätzliche Feldstudie kam insbesondere die Publikation [26] hinzu, bei der die Wirkung von DMPP am selben Standort und unter vergleichbaren Bedingungen wie in den früheren Studien gemessen wurde. Dabei zeigte sich eine Minderungswirkung von 62%<sup>30</sup>. In Verbindung mit den eingangs erwähnten Studien [9] und [10] ergibt sich eine mittlere Minderungswirkung von 71% unter den für dieses Programm relevanten Bedingungen (für Details siehe Anhang 5.2).</p> <p><b>Metastudien &amp; Plausibilisierung</b></p> <p>Verschiedene weitere Metastudien haben den Effekt von DMPP auf die Lachgasemissionen in landwirtschaftlichen Feldversuchen relativ zur gedüngten Kontrolle zusammengefasst: Akiyama et al. (2010, [11], S.1839) ermittelten eine Minderung um 50%; Yang et al. (2016, [20], S.3) eine Minderung um 47.6%; Li et al. (2018, [28], Supp. Tab. 6) eine Minderung um 62.6% ; und Fan et al. (2022, [24], Fig 2c) eine Minderung um 56%. Diese Daten zeigen, dass DMPP grundsätzlich einen sehr robusten und starken reduzierenden Effekt auf Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Böden aufweist. Gerade neuere Metaanalysen bestätigen, dass der Effekt mit neueren Daten eher höher ausfällt als bei Akiyama et al. (2010).</p> <p>Die genannten Werte bezeichnen wie erwähnt die mittlere Emissionsminderung gegenüber der gedüngten Kontrolle. Für das</p>
--	---

	<p>ENTEC Programm ist jedoch die Veränderung des <i>Emissionsfaktors</i> des synthetischen Stickstoffdüngers unter Feldbedingungen zentral. Der Emissionsfaktor bezeichnet den Anteil des durch die Düngung eingebrachten Stickstoffs, der zu Lachgas umgewandelt wird. Zur Berechnung des Emissionsfaktors müssen die Emissionen der ungedüngten Kontrolle von jenen der gedüngten Experimente mit und ohne DMPP abgezogen werden.</p> <p>Die in den Metastudien gefundenen mittleren Minderungswerte sind somit für die Zwecke des vorliegenden Programmes nicht direkt aussagekräftig. Ausserdem unterliegt der grösste Teil der zugrunde liegenden Einzelstudien wichtigen Einschränkungen. Insbesondere sind eine Messdauer von mindestens einem Jahr und das Vorhandensein einer ungedüngte Kontrolle oftmals nicht gegeben, aber entscheidend für die Berechnung eines belastbaren und repräsentativen Emissionsfaktors für das vorliegende Programm.</p> <p>Besonderes Gewicht kommt allerdings der neusten Metastudie zur globalen Wirkung von Inhibitoren auf Lachgasemissionen im Feld zu: Fan et al. (2022, [24], Figure S1) weisen in ihrer globalen Auswertung erstmals den mittleren Effekt von DMPP auf den Emissionsfaktor aus. Die nach Replikaten gewichtete mittlere «effect size» von DMPP wird in der statistischen Metaanalyse mit -68%<sup>31</sup> beziffert, (+/- 8%, bias corrected, 95% confidence interval). Dabei verwenden sie eine ausgefeilte statistische Methode («categorical random effects model with bootstrapping procedure»). Diese Daten stützen klar den für dieses Programm vorgeschlagenen, lokal angepassten Wert für 1-K<sub>direkt</sub> von 65%.</p> <p><b>Fazit</b> Neuere Feld- sowie Metastudien implizieren, dass die Minderungswirkung von ENTEC 26* unter den Bedingungen des Programmes eher über den bisher unterstellten 65% liegen. Aus Konservativitäts- und Kontinuitätsgründen behalten wir aber den Wert von 0.35 für K<sub>direkt</sub> bei, was einen Sicherheitsabschlag von rund 9% (gerechnet als <math>0.65 / 0.71 - 1</math>) auf den Durchschnitt der genannten, besonders repräsentativen Feldstudien ermöglicht. Die Daten der verschiedenen Metaanalysen dienen der Plausibilisierung des für das vorliegende Programm verwendeten Wertes und zeigen, wie breit die Wirkung von DMPP mittlerweile wissenschaftlich abgestützt ist.</p> <p>Zusätzlich zum gemachten Sicherheitsabschlag wurde bei Faktor K<sub>direkt</sub> auf zahlreiche weitere günstige Klimaeffekte von ENTEC 26* ausserhalb des Wirkungsmodells verzichtet. Namentlich handelt es sich dabei um: (i) Treibstoffeinsparung aufgrund reduzierter Anzahl Düngegaben, (ii) indirekte N<sub>2</sub>O-Minderung aufgrund reduzierter NO<sub>x</sub>-Emissionen, (iii) Ertragssteigerungen aufgrund verbesserter N-Effizienz, (iv) reduzierte N<sub>2</sub> Verluste und damit weniger Düngerverluste, (v) sowie Bodenkohlenstoff und Methanemissionen.</p>
--	---

<sup>30</sup> Daten in Publikation [26] Tabelle 2, S. 126 – Berechnung der Minderungswirkung in Anhang A5.2

<sup>31</sup> Diese Zahl wurde aus der Abbildung S1 der Supplements zu Fan et al. 2022 mittels des folgenden Tools grafisch ausgelesen: <https://apps.automeris.io/wpd/>

Parameter	EF <sub>direkt</sub>
Beschreibung des Parameters	Der Emissionsfaktor für die direkten Emissionen beträgt <b>0.01 t N<sub>2</sub>O-N/t N</b> .
Einheit	t N <sub>2</sub> O-N/t N
Datenquelle	Standardfaktor gemäss IPCC 2019 Vol. 4 Table 11.1 und NIR 2022, Seite 316  Im NIR 2022 wird für die direkten N <sub>2</sub> O Emissionen aus der Mineraldüngerapplikation ein gewichteter Emissionsfaktor von 0.0097 t N <sub>2</sub> O-N/t N verwendet. Dieser basiert auf dem aggregierten IPCC Standardfaktor von 0.01, berücksichtigt aber bereits die totalen Emissionsreduktionen der in der Schweiz eingesetzten Menge ENTEC 26*. Dieser gewichtete Faktor ist deshalb nicht für die in Kapitel 5.2 aufgeführten Berechnungen geeignet, weshalb im vorliegenden Programm der IPCC Standardfaktor von 0.01 t N <sub>2</sub> O-N/t N verwendet wird.

Parameter	F <sub>Aus</sub>
Beschreibung des Parameters	Der Stickstoffanteil, welcher ausgewaschen wird, beträgt <b>24%</b> .
Einheit	t N/t N
Datenquelle	Standardfaktor gemäss IPCC 2019 Vol. 4 Table 11.3.  Im NIR 2022 wird basierend auf der Modellrechnung aus Prasuhn (2016) [16] von einer Auswaschung von 17.8% der applizierten Stickstoffmengen ausgegangen. <sup>32</sup> Dieser Wert berücksichtigt laut [16](Seite 31) die Auswaschung aller bewirtschafteten Böden der gesamten Schweiz. In der MODIFFUS-Publikation [17], auf der Prasuhn teilweise aufbaut, Seite 71 wird gezeigt, dass die Auswaschung für Ackerland (48 kg N/ha/Jahr) rund 2 mal höher ist als für Heimweiden (22 kg N/ha/Jahr) und 4 mal höher als für Grasland (12 kg N/ha/Jahr). Dies trotz vergleichbaren mittleren N-Konzentrationen (2.06 mg/l für Ackerland, 2.00 mg/l für Heimweiden, 1.02 -1.87 mg/l für Grasland; Tabelle 10, Seite 52). Da ENTEC 26* nur auf Ackerflächen ausgebracht wird, würde die Verwendung des Mittelwertes gemäss NIR2022 von 0.178 zu einer deutlichen Unterschätzung der Auswaschung führen. Daher ist es hier angebracht und noch immer konservativ auf IPCC Standardfaktoren zurückzugreifen. Es wird der in IPCC 2019 publizierte Faktor von 24% angewandt.

Parameter	EF <sub>Aus</sub>
Beschreibung des Parameters	Der N <sub>2</sub> O-Emissionsfaktor für den Anteil des ausgewaschenen Stickstoffs beträgt <b>0.011 t N<sub>2</sub>O-N/t N</b> .
Einheit	t N <sub>2</sub> O-N/t N
Datenquelle	IPCC 2019 Vol. 4 Table 11.3

Parameter	K <sub>Aus</sub>
-----------	------------------

<sup>32</sup> Siehe Berechnungsansatz auf Seite 327 & Werte aus Tabelle 6-31 im Schweizer Treibhausgasinventar (NIR 2022) 0.



Beschreibung des Parameters	Der Faktor für die Auswaschung von $\text{NO}_3^-$ beträgt <b>67%</b> unter Verwendung von DMPP. Dies entspricht einer Reduktion der Auswaschung um 33% (d.h. $1-K_{\text{Aus}}$ ).
Einheit	□
Datenquelle	<p>Datenquelle: Publikation [20]</p> <p>Mit der Revalidierung wird der Faktor <math>K_{\text{Aus}}</math> von bisher 0.77 auf 0.67 reduziert. Während der alte Faktor von 0.77 auf einer einzelnen Studie [9] beruhte, wurden seit der Erstvalidierung aktuellere Metaanalysen publiziert.</p> <p>Für die Wahl dieses Faktors wurden daher diese aktuellen wissenschaftlich publizierten Metaanalysen, welche den Effekt von DMPP auf Stickstoffauswaschung untersuchen, ausgewertet. Dabei wurden Metaanalysen berücksichtigt, welche folgenden Kriterien entsprechen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nutzung von DMPP in Kombination mit Ammoniumsulfatnitrat (ASN)</li> <li>2. Publikation in <i>peer-reviewed</i> Journal</li> </ol> <p><b>Plausibilisierung</b></p> <p>Die Publikation [20] ist eine umfassende Metaanalyse zur Wirkung der beiden Nitrifikationsinhibitoren DMPP und DCD. Für Harnstoffdünger und ASN-Dünger rapportiert die Studie im Mittel eine Reduktion der Stickstoffauswaschung nach DMPP Anwendung um 47.1% im Vergleich mit einer Düngeranwendung ohne DMPP. Werden dabei nur die Studienresultate betrachtet, welche eine Kombination vom DMPP + ASN berücksichtigen, rapportiert die Metastudie eine Reduktion von 33%<sup>33</sup>. Dieser Wert wird bestätigt durch weitere Metaanalysen [27][28], welche im selben Zeitraum stattgefunden haben und die Wirkung von DMPP auf die Stickstoffauswaschung nach Harnstoff, ASN &amp; Gülleapplikationen untersuchten. Beide Studien weisen dabei mit 38% ([27], Supp. Tab S3), resp 54% ([28], Supp. Tab.S6) Reduktion sogar noch höhere Reduktionspotentiale aus.</p>

Parameter	$\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}}$
Beschreibung des Parameters	Der GWP (global warming potential) Faktor über 100 Jahre beträgt für $\text{N}_2\text{O}$ <b>298 t <math>\text{CO}_2</math> eq/t <math>\text{N}_2\text{O}</math></b> .
Einheit	t $\text{CO}_2$ eq/t $\text{N}_2\text{O}$
Datenquelle	$\text{CO}_2$ -Verordnung (Version 15.02.2023 - Stand 1.10. 2022)

Parameter	$\text{U}_{\text{N}_2\text{O-N}}$
Beschreibung des Parameters	Der stöchiometrische Umwandlungsfaktor von Stickstoff in Lachgas ist <b>1.571 t <math>\text{N}_2\text{O}</math>/t <math>\text{N}_2\text{O-N}</math></b> .
Einheit	t $\text{N}_2\text{O}$ /t $\text{N}_2\text{O-N}$

<sup>33</sup> Diese Zahl wurde aus der Abbildung 3c der Publikation [20] mittels des folgenden Tools grafisch ausgelesen:  
<https://apps.automeris.io/wpd/>

Datenquelle	<p>Berechnung: Masse N<sub>2</sub>O dividiert durch Masse N<sub>2</sub></p> <p>Quelle: <a href="http://webbook.nist.gov">http://webbook.nist.gov</a></p> <p>Masse N<sub>2</sub>O: <a href="http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=nitrous+oxide&amp;Units=SI">http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=nitrous+oxide&amp;Units=SI</a></p> <p>Masse N<sub>2</sub> : <a href="http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=nitrogen&amp;Units=SI">http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=nitrogen&amp;Units=SI</a></p>
-------------	--

Parameter	q <sub>FL</sub>
Beschreibung des Parameters	Der Korrekturfaktor für die Bereinigung des durch das Programm induzierten Absatzes M <sub>N,P</sub> um den im Fürstentum Liechtenstein induzierten Absatz beträgt <b>0.0042</b> .
Einheit	–
Datenquelle	<p>NIR 2022 der Schweiz [1] sowie des Fürstentums Liechtenstein [21], „Activity data for Direct N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils“.</p> <p>q<sub>FL</sub> ist berechnet als durchschnittlicher Anteil Liechtensteins am gesamten Absatz von „Other mineral fertilizers“ im Fünfjahreszeitraum 2016 – 2020 (Berechnung in Anhang 3).</p>

Parameter	MD <sub>CH,0</sub>
Beschreibung des Parameters	Der mittlere Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff (inkl. Harnstoff) im Referenzzeitraum 2015-2019 beträgt 45'088 t/a.
Einheit	t N /a
Datenquelle	Berechnet aus NIR2022, Seite 320 [1];vgl. Anhang 3

### 5.3.2 Dynamische Parameter und Messwerte

#### a) Ex-post erhobene Parameter

Parameter	$M_{ENTEC,i}$
Beschreibung des Parameters	Im Programmjahr durch den Vertreter i verkaufte Menge ENTEC 26*, wobei $i=1,2,3...$ alle Vertreter repräsentiert, welche am Programm teilnehmen
Einheit	t ENTEC 26*
Datenquelle	Verkaufsdatenbank des Vertreibers i
Erhebungsinstrument	Wiegen / Zählen
Beschreibung Messablauf	Gemäss operativen Prozessen des Vertreibers i. Nur Absatz an im Inland (inkl. Liechtenstein) ansässige Abnehmer wird berücksichtigt. Absatz an ausländische Abnehmer ist gesondert auszuweisen und fliesst nicht in die Berechnung der Emissionsreduktionen ein.
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	
Verantwortliche Person	

Parameter	$F_N$
Beschreibung des Parameters	Der Anteil Stickstoff im ENTEC 26* beträgt <b>26%</b> .
Einheit	t N/t ENTEC 26*
Datenquelle	Aktuelles Spezifikationsblatt des Produktes
Erhebungsinstrument	Gemäss operativen Prozessen des Vertreibers i.
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	
Verantwortliche Person	

Parameter	Nettomarge <sub>i</sub>
Beschreibung des Parameters	Nettomarge aus dem Verkauf von ENTEC 26* des Vertreibers i im Programmjahr (gemäss Definition der Nettomarge im Kapitel 1.4.5)
Einheit	CHF
Datenquelle	Management-Informationssystem des Vertreibers i (z.B. SAP)
Erhebungsinstrument	Gemäss operativen Prozessen des Vertreibers i. Die Nettomarge aus dem Absatz an ausländische Abnehmer sind gesondert auszuweisen und werden nicht berücksichtigt.
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	

Messintervall	
Verantwortliche Person	

Parameter	Erlös <sub>i</sub>
Beschreibung des Parameters	Erlös aus dem Verkauf von ENTEC 26* des Vertreibers i im Programmjahr
Einheit	CHF
Datenquelle	Management-Informationssystem des Vertreibers i (z.B. SAP)
Erhebungsinstrument	Gemäss operativen Prozessen des Vertreibers i. Erlöse aus dem Absatz an ausländische Abnehmer sind gesondert auszuweisen und werden nicht berücksichtigt.
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	
Verantwortliche Person	

Parameter	MD <sub>CH,t</sub>
Beschreibung des Parameters	Gleitender mittlerer Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff (inkl. Harnstoff) in der Schweiz im Programmjahr t
Einheit	t/a
Datenquelle	NIR der Schweiz
Erhebungsinstrument	Berechnet durch den Programmkoordinator als Mittelwert von fünf Jahren gemäss Gleichung 8 (vgl. Abschnitt 3.4) auf Basis des jeweils aktuellsten verfügbaren NIR. Wurden seit der letzten Verifizierung kein neuer NIR oder keine aktuelleren Daten zum gesamten mineralischen N-Absatz publiziert, so darf der letzte verifizierte Wert für MD <sub>CH</sub> verwendet werden.
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	
Verantwortliche Person	

**b) Ex-post berechnete Parameter**

Parameter	M <sub>N</sub>
Beschreibung des Parameters	Gesamter ENTEC 26*-Absatz aller am Programm teilnehmenden Projekte im Programmjahr
Einheit	t N
Datenquelle	Berechnung durch andere Parameter, siehe Kapitel 5.2
Erhebungsinstrument	Berechnung

Parameter	M <sub>N,P</sub>
Beschreibung des Parameters	Programmabsatz ENTEC 26* im Programmjahr

Einheit	t N
Datenquelle	Berechnung durch andere Parameter, siehe Kapitel 5.2

Parameter	$M_{N,R}$
Beschreibung des Parameters	Referenzabsatz ENTEC 26* im Programmjahr
Einheit	t N
Datenquelle	Berechnung durch andere Parameter, siehe Kapitel 5.2

Parameter	$I_N$
Beschreibung des Parameters	Index für die Entwicklung des gesamten mineralischen Stickstoffabsatzes (inkl. Harnstoff) in der Schweiz
Einheit	–
Datenquelle	Berechnung durch andere Parameter, siehe Kapitel 5.2

Parameter	$E_P$
Beschreibung des Parameters	Gesamtemission mit dem Programm im Programmjahr
Einheit	t CO <sub>2</sub> eq
Datenquelle	Berechnung durch andere Parameter, siehe Kapitel 5.2

Parameter	$E_R$
Beschreibung des Parameters	Referenzemission im Programmjahr
Einheit	t CO <sub>2</sub> eq
Datenquelle	Berechnung durch andere Parameter, siehe Kapitel 3.5

### 5.3.3 Plausibilisierung der Daten und Berechnungen

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	$M_{ENTEC,i}$
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Im Programmjahr durch den Vertreter i verkaufte Menge ENTEC 26*, wobei $i=1,2,3\dots$ alle Vertreter repräsentiert, welche am Programm teilnehmen
Einheit	t ENTEC 26*
Datenquelle	Verkaufsdatenbank des Vertreibers i
Art der Plausibilisierung	Vergleich der Verkaufsdaten mit den an Agricura gemeldeten verkauften Düngermengen.

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

Wie in Kapitel 3.2 beschrieben, kann davon ausgegangen werden, dass die aufgeführten wirtschaftlichen und politischen Einflussfaktoren keine relevanten Veränderungen für die Wirtschaftlichkeit und Verkaufszahlen von ENTEC 26\* haben. Auf eine Prüfung der aufgelisteten Einflussfaktoren wird deshalb verzichtet.

Überprüfung der ex-ante definierten Referenzentwicklung:

<b>Einflussfaktor</b>	<b>Verbreiteter Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren</b>
Beschreibung des Einflussfaktors	Verbreiteter Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren zur Verringerung der N <sub>2</sub> O-Emissionen ausserhalb von Klimaschutzprojekten
Wirkungsweise auf die Projektemissionen bzw. die Emissionen der Projekte des Programms oder die Referenzentwicklung	Sollten Nitrifikationsinhibitoren verbreitet eingesetzt werden, würde dies die Höhe der Referenzemissionen beeinflussen.
Vorgesehene Anpassung der Referenzentwicklung	Eine Anpassung der Referenzentwicklung wird nur dann vorgenommen, wenn $X > 5\%$ , wobei X dem Anteil der ausserhalb von Klimaschutzprojekten abgesetzten Menge ENTEC 26* (angegeben in t N) am Gesamtabsatz an mineralischem Stickstoff gemäss NIR entspricht.
Datenquelle	Das Inverkehrbringen von Düngern mit Nitrifikationsinhibitoren wie ENTEC 26* ist bewilligungspflichtig. Die Inhaber einer solchen Bewilligung sind im Produkteregister Chemikalien (RPC) des Bundes aufgeführt und melden die Inlandverkäufe von ENTEC 26* jeweils der Agricura. Datenquelle: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Von den Bewilligungsinhabern gemäss Produkteregister Chemikalien (RPC) an die Agricura gemeldete Inlandverkäufe von ENTEC 26*, und</li> <li>- NIR Schweiz</li> </ul>

## 5.4 Prozess- und Managementstruktur

### Monitoringprozess

Der Monitoringprozess gestaltet sich wie in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

### Übersicht über die Managementstruktur

Der Programmkoordinator ist verantwortlich für den Betrieb des Programms und die Beweisführung gegenüber den Prüfstellen (Validierer und Verifizierer) sowie gegenüber dem Bundesamt für Umwelt. Dies beinhaltet unter anderem die Registrierung des Programms sowie die jährliche Berichterstattung für die Ausstellung von Bescheinigungen. Die teilnehmenden Düngemittelvertreiber (Projekte) senken ihre Nettomarge für ENTEC 26\* im vorgeschriebenen Umfang und fördern den Verkauf des Produktes nach Bedarf durch zusätzliche Begleitmassnahmen wie Feldversuche und Marketingmassnahmen. Gleichzeitig stellen die Verreiber sicher, dass die Landwirtschaftsbetriebe im Gegenzug zur Vergünstigung den Klimamehrwert an den Programmkoordinator abtreten (via Verreiber). Der Koordinator überträgt den Klimamehrwert zusammen mit den Bescheinigungen an die Stiftung KLIK und vergütet die Düngemittelvertreiber. Die beschriebene Managementstruktur ist in Abbildung schematisch dargestellt.

Der Programmkoordinator meldet neue Projekte beim BAFU für die Teilnahme am Programm an, sofern sie die im Kapitel 1.4.5 Aufgeführten Teilnahmekriterien erfüllen.

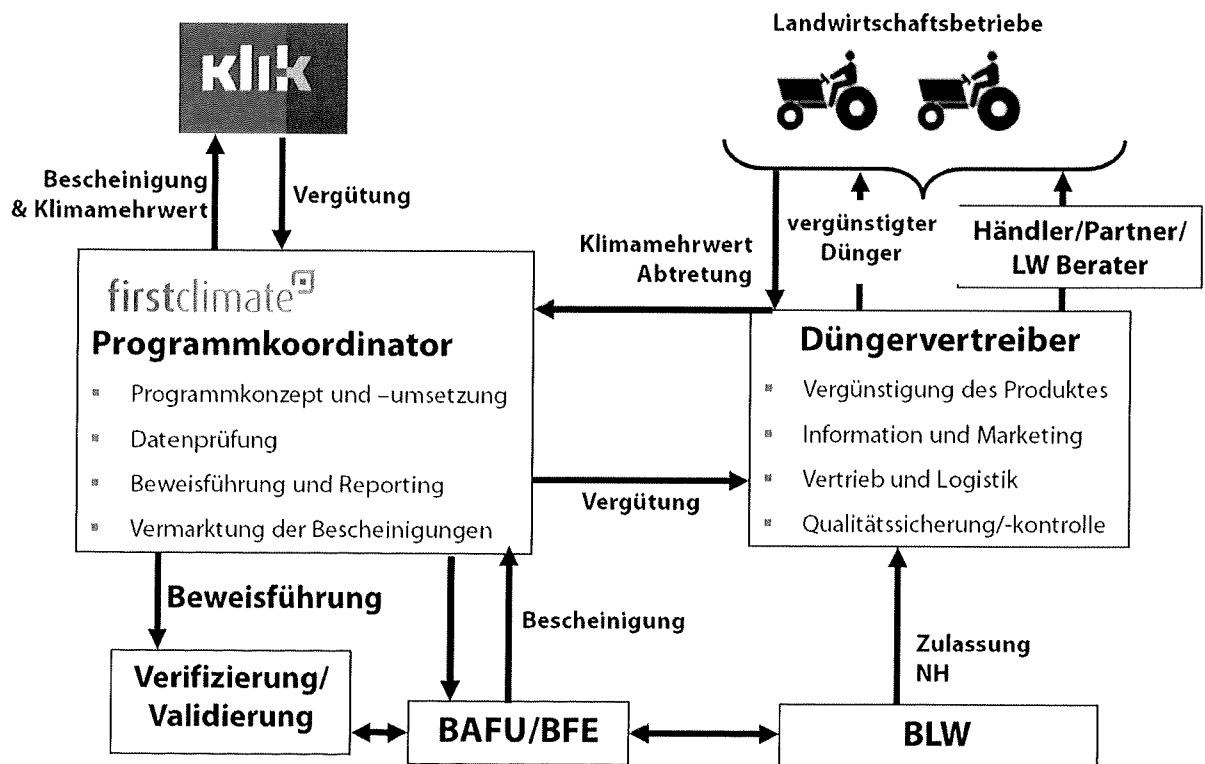


Abbildung 3: Übersicht Prozess- und Managementstrukturen

### Erstellen der Monitoringberichte

Die Projekteigner (Verreiber) erheben die für das Monitoring erforderlichen Daten und übermitteln diese mindestens einmal jährlich in einem vorab vereinbarten Format an den Programmkoordinator.

Darauf aufbauend erstellt der Programmkoordinator den jährlichen Monitoringbericht und übermittelt diesen nach erfolgreicher Verifizierung an das BAFU. Der Inhalt der Monitoringberichte wurde bereits in Kapitel 5.1 beschrieben. Die Monitoringberichte werden durch den Programmkoordinator in Zusammenarbeit mit den Düngervertreibern erstellt. Die Düngervertreiber erheben die Daten und sorgen für die Qualitätssicherung gemäss ihren internen Prozessen. Verantwortlich sind dabei jeweils die in den Monitoringberichten angegebenen Kontaktpersonen der Vertreter. Der Programmkoordinator sammelt die Daten, plausibilisiert sie, fasst sie in einen Bericht zusammen, lässt sie durch eine Prüfstelle verifizieren und reicht sie beim BAFU ein.

#### **Qualitätssicherung und Archivierung**

Der Vertreter wird im Rahmen des Monitoring alle Daten redundant digital für die gesamte Programmlaufzeit archivieren und diese dem Programmkoordinator übermitteln, welcher sie erneut auf Programmebene archivieren wird.

Jeder Vertreter bestimmt die Qualitätssicherung seiner Daten gemäss seinen hauseigenen Prozessen. Der Programmkoordinator prüft die die durch die Vertreter übermittelten Daten zusätzlich auf Plausibilität und klärt allfällige Unstimmigkeiten in Absprache mit den Vertreibern.

#### **Verantwortlichkeiten und institutionelle Vorrichtungen**

In untenstehender Tabelle sind die Verantwortlichkeiten für das Musterprojekt aufgelistet.

Datenerhebung	Omya (Schweiz) AG
Verfasser des Monitoringberichts	First Climate (Switzerland) AG
Qualitätssicherung	First Climate (Switzerland) AG
Datenarchivierung	First Climate (Switzerland) AG

## **6 Sonstiges**

n.a.



## 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

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

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 A1.

Dokument	Version	Datum	Prüfstelle & Auftraggeber
Validierungsbericht (inkl. Checkliste)	1.1	17.03.2023	EBP Schweiz AG (im Auftrag von First Climate (Switzerland) AG)

Zustimmung zur Veröffentlichung

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

## Anhang

- A1. A1.1 Produktblatt ENTEC 26
- A1.2 Anmeldeformular für weitere Projekte
- A1.3 Mustervorhaben Omya – Erfüllung der Teilnahmekriterien
- A1.4 Projektspezifische Bestimmungen
- A2. Unterlagen zur Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten (z.B. beantragte / erhaltene Finanzhilfen, Wirkungsaufteilung)  
*Keine*
- A3. A3.1 Berechnung der erwarteten Emissionsverminderung
- A3.2 Referenzabsatz
- A3.3 qFL
- A3.4 MD\_CH,0
- A4. Benchmarkanalyse
- A5. A5.1 Monitoringvorlage
- A5.2 Berechnung des Faktors  $K_{\text{direkt}}$
- A5.3 Herleitung des Faktors  $K_{\text{AUS}}$
- A6. Geschwätzte Fassung Projekt-/Programmbeschreibung  
0151\_Programmbeschreibung\_Revalidierung\_publik.pdf
- A7. Geschwätzte Fassung Validierungsbericht  
Validierungsbericht\_0151\_NH4\_stab\_Mineralduenger\_v1.1\_publik.pdf
- A8. Quellenverzeichnis

## A8 Quellenverzeichnis

- [1] FOEN (2022): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2020: National Inventory Report and reporting tables (CRF). Submission of April 2022 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Federal Office for the Environment, Bern.
- [2] Resultatwerte des Common Reporting Format des Treibhausgasinventars 2022, 1990-2020, Website: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/climate-reporting/latest-ghg-inventory.html>
- [3] Trenkel ME (2010): Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Efficiency in Agriculture. Second edition, IFA, Paris, France, October 2010
- [4] Searchinger, T., Zions, J., Peng, L., Wiersenius, S., Beringer, T., & Dumas, P. (2021). A Pathway to Carbon Neutral Agriculture in Denmark.
- [5] European Commission (2011): Commission Staff Working Paper, SEC(2011) 1153 final/2
- [6] UNFCCC (2008): Challenges and opportunities for mitigation in the agricultural sector – Technical Paper
- [7] Yu Q, Ye X, Chen Y, Zhang Z, Tian G (2007): Influences of nitrification inhibitor 3,4-dimethyl pyrazol $\acute{e}$  phosphate on nitrogen and soil salt-ion leaching. *Journal of Environmental Sciences* 20 304–308.
- [8] Kupper T, Bonjour C, Achermann B, Rihm B, Zaucker F, Menzi H (2013): Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Luftqualität, 3003 Bern.
- [9] Weiske, A., Benckiser, G., Herbert, T., & Ottow, J. (2001). Influence of the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biology and Fertility of Soils*, 34(2), 109-117.
- [10] Pfab H, Palmer I, Buegger F, Fiedler S, Müller T, & Ruser R (2012): Influence of a nitrification inhibitor and of placed N-fertilization on N<sub>2</sub>O fluxes from a vegetable cropped loamy soil. *Agriculture, ecosystems & environment*, 150, 91-101.
- [11] Akiyama H, Yan X, Yagi K (2010): Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N<sub>2</sub>O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biology* 16, 1837–1846.
- [12] Filliger P, Bass A, Heldstab J, Fussen D, Rihm B et al. (2014): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2012, National Inventory Report 2014, including reporting elements under the Kyoto Protocol. Bundesamt für Umwelt, Abteilung für Klima.
- [13] Omya (Schweiz) AG (2007): Technische Information ENTEC.
- [14] Filliger P et al., (2015): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2013, National Inventory Report 2015, including reporting elements under the Kyoto Protocol. Bundesamt für Umwelt, Abteilung für Klima.
- [15] Filliger P et al., (2016): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2014, National Inventory Report 2016, including reporting elements under the Kyoto Protocol. Bundesamt für Umwelt, Abteilung für Klima.
- [16] Prasuhn, V. 2016: Abklärung zum Umweltziel Landwirtschaft: Reduktion der landwirtschaftsbedingten Stickstoffeinträge in die Gewässer um 50% gegenüber 1985. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- [17] Hürdler J, Prasuhn V, Spiess E (2015): *Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz – MODIFFUS 3.0*. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- [18] Wu, D., Zhang, Y., Dong, G., Du, Z., Wu, W., Chadwick, D., & Bol, R. (2021). The importance of ammonia volatilization in estimating the efficacy of nitrification inhibitors to reduce N<sub>2</sub>O emissions: A global meta-analysis. *Environmental pollution*, 271, 116365.
- [19] BAFU (2022): Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990 – 2020. Bundesamt für Umwelt, Bern.

- [20] Yang, M., Fang, Y., Sun, D., & Shi, Y. (2016). Efficiency of two nitrification inhibitors (dicyandiamide and 3, 4-dimethylpyrazole phosphate) on soil nitrogen transformations and plant productivity: a meta-analysis. *Scientific reports*, 6(1), 1-10.
- [21] OE (2022): Liechtenstein's Greenhouse Gas Inventory 1990–2020: National Inventory Report 2022. Submission of April 2022 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the second commitment period under the Kyoto Protocol. Office of Environment, Vaduz.
- [22] Harris, E., Yu, L., Wang, Y. P., Mohn, J., Henne, S., Bai, E., ... & Rayner, P. (2022). Warming and redistribution of nitrogen inputs drive an increase in terrestrial nitrous oxide emission factor. *Nature communications*, 13(1), 1-16.
- [23] dos Reis Martins, M., Necpalova, M., Ammann, C., Buchmann, N., Calanca, P., Flechard, C. R., ... & Keel, S. G. (2022). Modeling N<sub>2</sub>O emissions of complex cropland management in Western Europe using DayCent: Performance and scope for improvement. *European Journal of Agronomy*, 141, 126613.
- [24] Fan, D., He, W., Smith, W. N., Drury, C. F., Jiang, R., Grant, B. B., ... & Zou, G. (2022). Global evaluation of inhibitor impacts on ammonia and nitrous oxide emissions from agricultural soils: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 28(17), 5121-5141.
- [25] Pan, B., Xia, L., Lam, S. K., Wang, E., Zhang, Y., Mosier, A., & Chen, D. (2022). A global synthesis of soil denitrification: Driving factors and mitigation strategies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 327, 107850.
- [26] Guzman-Bustamante, I., Schulz, R., Müller, T., & Ruser, R. (2022). Split N application and DMP based nitrification inhibitors mitigate N<sub>2</sub>O losses in a soil cropped with winter wheat. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 123(3), 119-135.
- [27] Qiao, C., Liu, L., Hu, S., Compton, J. E., Greaver, T. L., & Li, Q. (2015). How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global change biology*, 21(3), 1249-1257.
- [28] Li, T., Zhang, W., Yin, J., Chadwick, D., Norse, D., Lu, Y., ... & Dou, Z. (2018). Enhanced-efficiency fertilizers are not a panacea for resolving the nitrogen problem. *Global Change Biology*, 24(2), e511-e521.