

3. Monitoringbericht

555.3D

CO₂-Kompensationsmassnahmen

**Effektiver Klimaschutz durch Vermeidung und Zerstörung von Methan
auf der Deponie Sass Grand in Bever**

Monitoringzeitraum: 1.7.2013 - 31.12.2014

zur Einreichung an

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Klima
3003 Bern

St. Gallen, 19.10.2015 (Version 3)

Inhaltsverzeichnis

1	Projektbeschreibung	3
1.1	Standort	4
1.2	Projektteilnehmer und verantwortliche Personen	5
2	Monitoring	5
2.1	Methodologie.....	5
2.2	Monitoringperiode.....	5
2.3	Qualitätssicherung	6
2.4	Messdaten	8
2.5	Interpretation betreffend Aerobisierungswirkung	10
3	Berechnung der Emissionsreduktionen.....	11
3.1	Berechnungsmethode und Projektparameter.....	11
3.1.1	Projektparameter $MD_{CH_4,y}$	11
3.1.2	Projektparameter $MD_{reg,y}$	12
3.1.3	Projektparameter PE_y	12
3.1.4	Projektparameter $PE_{CH_4,Fackel,y}$	12
3.1.5	Projektparameter $PE_{CO_2,Strom,y}$	13
3.1.6	Projektparameter Leakage _y	13
3.2	Emissionsreduktionen.....	14
3.3	Abweichungen und Anpassungen, Diskussion.....	15
3.3.1	Abweichungen der berechneten Referenzemissionen	15

Anhang

Anhang 1 Originaldaten

Anhang 2 Liste der Prüf- und Wartungsprotokolle, Periodische Berichte

Anhang 3 Projektemissionen Eigenstrombedarf

Beilagen

Beilage 1 Projektantrag „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever“ vom 08.07.2011

Beilage 2 Monitoringbericht „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever Monitoringzeitraum: 9.11.2011 - 30.6.2012“ vom November 2012

Versionsgeschichte

<i>Version</i>	<i>Datum</i>	<i>Autor</i>	<i>Änderung und Anlass</i>
v01	20.03.2015	Wi	Erstellung
v02	13.05.2015	Wi, Mei	Überarbeitung gemäss Checkliste zur Verifizierung
v03	19.10.2015	Wi	Überarbeitung nach Rückmeldung BAFU vom 8.10.2015

1 Projektbeschreibung

Die Reaktordeponie Sass Grand wurde im Jahr 1967 errichtet (Etappe 0) und in den Jahren 1979 (Etappe 1) und 1989 (Etappe 2) erweitert. Bis im Jahr 2000 wurden überwiegend Kehricht (ca. 75%), Mulden- und Sperrgut (ca. 15%) sowie Klärschlamm abgelagert.

Im Jahr 1999 wurde durch die kantonale Behörde die Sanierung der Altablagerungen von Etappe 0 angeordnet. Seit Januar 2008 wird daher auf der Deponie Sass Grand eine Aerobisierungs- und Entgasungsanlage betrieben. Das aus der Aerobisierung der Etappe 0 stammende Aerobisierungsgas gelangte vor der Umsetzung des Kompensationsprojektes mit dem darin enthaltenen Methan über einen Biofilter direkt in die Atmosphäre. Auf Grund der geringen Methankonzentration im Aerobisierungsgas war eine Verbrennung in der bestehenden Hochtemperaturfackel nicht möglich und auch gesetzlich nicht notwendig.

Durch die Umsetzung der Projektaktivität ist die Abfackelung des Aerobisierungsgases möglich geworden. Die Reduktion von Methanemissionen auf der Deponie Sass Grand in Bever erfolgt also durch Abfackelung von Methan, welches ohne das Projekt ungehindert in die Atmosphäre entlassen würde.

Die Aerobisierungsanlage auf der Deponie Sass Grand wurde dafür im November 2011 umgebaut, so dass seitdem das abgesaugte Aerobisierungsgas, das mit dem Deponiegas (höhere CH_4 -Konzentration) aus den Etappen 1 und 2 angereichert wurde, über die umgebaute Schwachgasfackel entsorgt bzw. behandelt werden kann. Dabei wird Methan in weniger klimaschädliches Kohlendioxid umgewandelt, wodurch klimaschädliche Emissionen vermieden werden können.

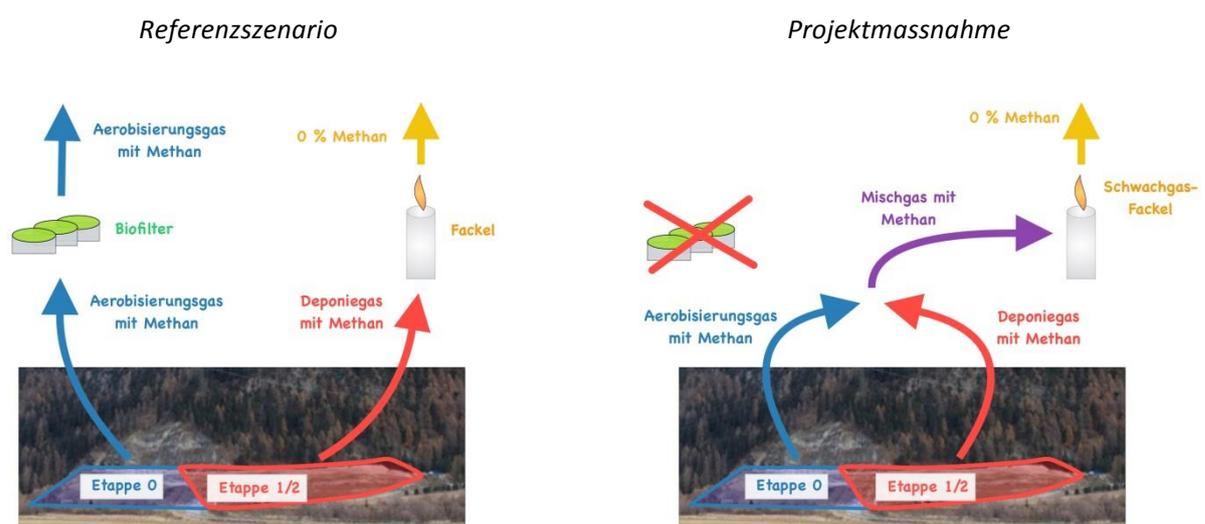


Abbildung 1: Veranschaulichung Referenzszenario und Projektmassnahme

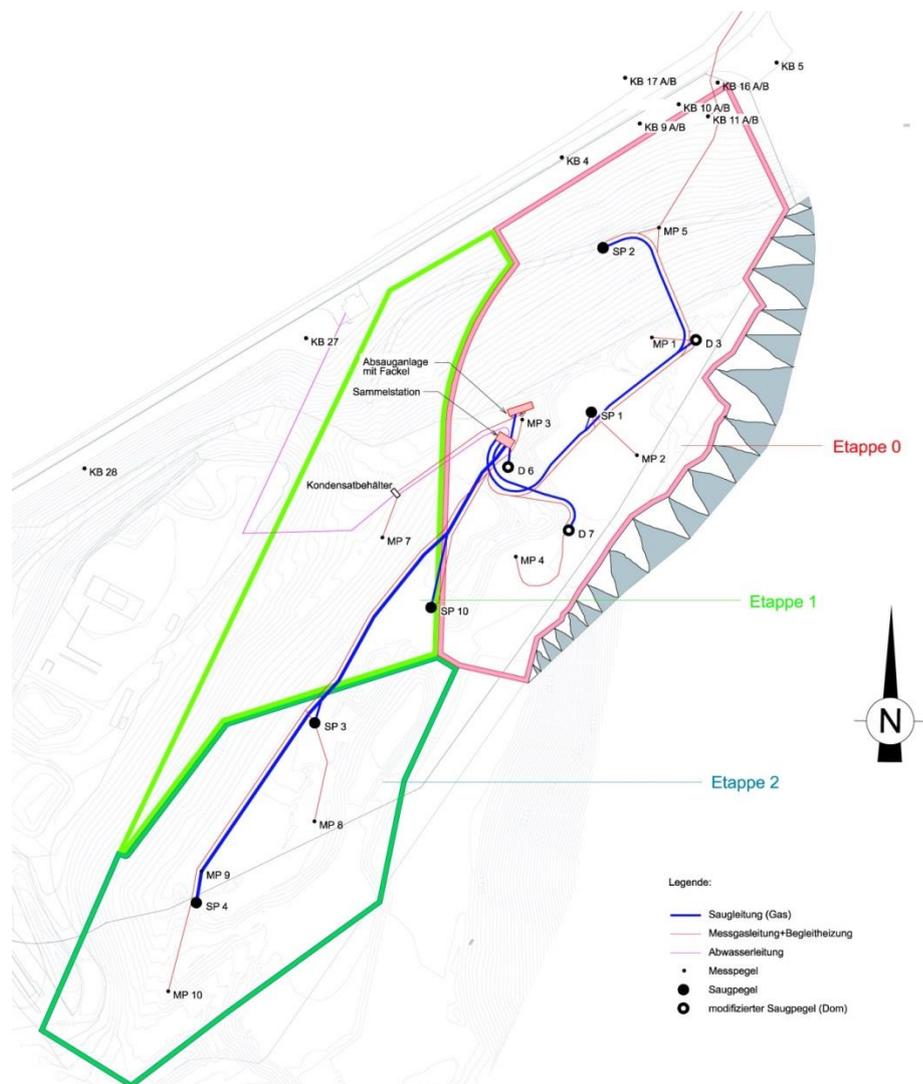


Abbildung 2: Deponie Sass Grand in Bever

Das Projekt wurde als CO₂-Kompensationsprojekt registriert. Der Titel des Projektplanes lautet: „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever“. Der Projektantrag wurde am 8.7.2011 validiert und beim Bundesamt für Umwelt (BAFU) eingereicht. Das Projekt wurde am 23.09.2011 als Kompensationsprojekt Nummer 008 beim BAFU registriert.

1.1 Standort

Die Reaktordeponie Sass Grand befindet sich im Kanton Graubünden in der Gemeinde Bever. Die Adresse der Deponie lautet: Deponie Sass Grand, 7502 Bever. Die Koordinaten des Projektstandorts sind: 789'250 / 158'665 (LV03) oder 2'789'250 / 1'158'670 (LV95)

1.2 Projektteilnehmer und verantwortliche Personen

Tabelle 1 zeigt die Projektteilnehmer und ihre jeweiligen Verantwortlichkeiten.

Tabelle 1: Projektteilnehmer und Funktionen

Projektteilnehmer	Funktion	Name	Adresse	Telefon	Mail
Dplus AG	Betrieb/Technik	Bruno Weilenmann	Teufener Strasse 3 9000 St. Gallen	071 227 30 00	b.weilenmann@dplus.ch
	Klimabericht- erstattung	Werner Meier	Freiestrasse 26 8570 Weinfelden	071 626 51 11	w.meier@meierpartner.ch
	Gesuchsteller	Werner Meier	Freiestrasse 26 8570 Weinfelden	071 626 51 11	w.meier@meierpartner.ch
Abfallbewirtschaftungsverband Oberengadin / Bergell (ABVO)	Deponie-eigentümer und -betreiber	Martin Aebli	Cho d'Punt 70 7503 Samedan	081 852 18 76	abvo@bluewin.ch

Die ersten zwei Monitoringberichte wurden durch die Firma GES Biogas GmbH verfasst. Diese Aufgabe übernimmt fortan die Dplus AG, da sie eigene Kompetenzen im Klimabereich entwickelt hat und die Abläufe damit vereinfacht werden können.

2 Monitoring

Das erste Monitoring wurde für die Periode November 2011 bis Juni 2012 und das zweite Monitoring für die Periode Juli 2012 bis Juni 2013 durchgeführt. Der zweite Monitoringbericht Version 02 vom Dezember 2013 wurde am 5.12.2013 verifiziert und daraufhin die Bescheinigungen durch das BAFU ausgestellt.

2.1 Methodologie

Der vorliegende 3. Monitoringbericht folgt der im Kapitel C.5.1 aus dem validierten Projektantrag (PA) „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever“ vom 08.07.2011 (Beilage 1) beschriebenen Monitoringmethode. Es wird zudem die im 1. Monitoringbericht 2011/2012 (Beilage 2) dargestellte Formeländerung zur Berechnung der Methanemissionen, die durch die Projektaktivität vermieden werden, angewandt.

2.2 Monitoringperiode

Das Monitoring wurde vom 1.7.2013 bis zum 31.12.2014 durchgeführt. Die Laufzeit beträgt somit 18 Monate. Künftig endet die Monitoringperiode jeweils am 31. Dezember eines Jahres.

2.3 Qualitätssicherung

Die Firma Dplus AG ist für den Betrieb, die Wartung und die Erhebung der Monitoring-Daten zuständig.

Die Anlage wird laufend den betrieblichen Erfordernissen angepasst. Technische Anpassungen der Anlage werden in der technischen Dokumentation der kompletten Anlage dokumentiert. Diese Dokumentation wird laufend aktualisiert, somit sind alle technischen Veränderungen zusammenfassend festgehalten.

Wie im Projektantrag unter C.5.2 beschrieben, werden alle für das Monitoring relevanten Messergebnisse in regelmässigen Abständen (alle 15 Minuten mit Polytron bzw. alle 8 Stunden mit NUK) gemessen und in einer Online-Datenbank gespeichert.

Der Betrieb der Anlage wird in vier Quartalsberichten sowie in einem Jahresbericht dokumentiert. Darin sind die Auswertungen über den Anlagenbetrieb, den Kohlenstoffaustrag, die Gaszusammensetzung in den einzelnen Saug- und Messpegeln sowie die Entwicklung des Aerobisierungsgases in elektronischer Form gespeichert. Die Daten werden bis zwei Jahre nach Beendigung der Projektlaufzeit archiviert.

Um die Qualität der Datenerhebung, Datenübermittlung und Datenspeicherung zu kontrollieren, werden die Daten regelmässig auf ihre Plausibilität hin wie folgt überprüft:

- Grafische Auswertung der Gasanalysen (NUK) der Messtrecke, der beiden Sammelbalcken sowie sämtlicher Saug- und Messpegel
- Grafische Auswertung des Verlaufs von Methan- (Polytron) und Sauerstoffkonzentration der Messstrecke sowie des Gesamtdurchflusses
- Grafische Auswertung verschiedener Temperaturkurven (u.a. Fackeltemperatur)
- Berechnung diverser Kennwerte (Betriebsstunden, Betriebsdauer in Prozent, abgesaugte Gasmenge, mittlerer Durchfluss, durchflussgewichtete Methan-, Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration, Kohlenstoffaustrag (aufgeschlüsselt nach Austrag durch Methan bzw. durch Kohlendioxid respektive nach Etappe 0 und Etappen 1 + 2))

Des Weiteren wird regelmässig eine detaillierte Auswertung der erhobenen Daten vorgenommen. Die Ergebnisse werden in einer Monatsübersicht, welche auch in den Quartalsbericht übernommen wird, aufgezeichnet. Die Quartalsberichte für den Monitoringzeitraum sowie der Jahresbericht 2013 enthalten diese grafischen Auswertungen der verschiedenen Parameter. Anhang 2 enthält die Liste der bei Dplus verfügbaren Protokolle.

Weiterhin führen regelmässige Unterhaltsarbeiten sowie die Erfahrungswerte beim Betrieb der Anlage zu einer hohen Qualitätssicherheit der einzelnen Messdaten. Auf der Anlage findet:

- regelmässig ein Unterhalt durch den Deponiewart statt, während welchem die wichtigsten mechanischen und elektrischen Funktionen überprüft werden,
- ein jährlicher umfangreicher Unterhalt durch Fachleute der jeweiligen Herstellerfirmen statt, während welchem die Gesamtanlage im Detail kontrolliert wird: mechanische

Kontrolle, elektronische Kontrolle, Kontrolle Steuerungssoftware, Kalibration sämtlicher Sensoren. Diese grosse Wartung der Anlage findet alljährlich im September statt.

Die Messgeräte, welche die für die Emissionsberechnung wichtigen Parameter aufzeichnen, werden regelmässig gewartet, kalibriert und ausgetauscht. Dabei werden mindestens die Herstellerempfehlungen eingehalten. Hier aufgezählt sind die wichtigsten Wartungsarbeiten an den Geräten während der Monitoringperiode (Liste der Arbeits-, Prüf- und Wartungsprotokolle in Anhang 2):

- Während einer **ausserordentlichen Wartung am 3./4. Juli 2013** wurde das Polytron-Messgerät ausgetauscht und kalibriert. Die Kalibration zeigte keine Auffälligkeiten, was auf zuverlässige Messwerte schliessen lässt. Ausserdem wurde das NUK kalibriert sowie die CH₄-Sensoren der Anlage und des Sammelbalkens geprüft und kalibriert (Arbeitsprotokoll 130703). Zudem wurden die O₂-Sensoren kalibriert (Arbeitsprotokoll 130704).
- Während einer **ausserordentlichen Wartung am 22.11.2013** wurden die Figaro-Sensoren (Sauerstoffmessung) kalibriert.
- Beim **Jahresunterhalt 2013** vom 16.09. - 20.09.2013 wurden die Messgeräte von Endress und Hauser überprüft. Es wurden keine Mängel festgestellt. Das Durchflussmessgerät der Anlage 2 wurde ausgebaut und im Werk revidiert sowie neu kalibriert. Es wird ein Jahr darauf bei der Anlage 1 eingesetzt und soll das dort bestehende ersetzen, weil gemäss Herstellerangaben das Durchflussgerät alle drei Jahre kalibriert werden muss. Das Gerät muss dafür ausgebaut werden. Das Gasmesssystem NUK wurde überprüft und kalibriert und auch die Sauerstoffmessung MBE wurde kalibriert (555.3B_Protokoll-Unterhalt-1309_v02_pub).
- Am 23.1.2014 wurde während eines **ausserordentlichen Unterhalts** das Überströmventil V408 ausgetauscht (555.3B_Protokoll-Unterhalt-140123.pdf).
- Während eines **ausserordentlichen Unterhalts am 12.03.2014** wurde der Figaro-Sensor Q105 auf ca. 20 % kalibriert (555.3B_Protokoll-Unterhalt-140312).
- Am 7.4.2014 wurde die **Vakuumpumpe ersetzt** (555.3B_Protokoll-Unterhalt-140407).
- Am 15.5.2014 wurde im Pegel 11A ein **neuer Datenlogger** (Grundwassersonde) eingesetzt.
- Am 16.7.2014 wurde die **Messgasanalytik kalibriert** sowie der Figaro-Sensor Q130 kalibriert (555.3B_Protokoll-Unterhalt_140716).
- Während eines **ausserordentlichen Unterhalts am 15.10.2014** wurden die zwei Figaro-O₂-Sensoren ausgetauscht (555.3B_Protokoll-Unterhalt_141015).
- Während einem **ausserordentlichen Unterhalt am 25.11.2014** wurden die Figaro-Sensoren Q105 und Q130 kalibriert (555.3B_Protokoll-Unterhalt_141125).

- Während des **Jahresunterhalts 2014** vom 10.09. - 04.09.2014 (555.3B_Protokoll-Wartungsarbeiten_2014-1) wurden alle Geräte von Endress und Hauser geprüft und keine Mängel gefunden. Das Durchflussmessgerät, welches beim Jahresunterhalt 2013 bei der Anlage 2 ausgebaut, und beim Hersteller gewartet und kalibriert wurde, wurde bei der Anlage 1 eingebaut. Das eingebaute Durchflussmessgerät der Anlage 1 wurde ausgebaut und zur Revision und Kalibration dem Hersteller gegeben. Beim MBE-Sauerstoffmesssystem wurden beide Figaro-Sensoren ausgetauscht, das System gewartet und die Messgaspumpe ausgetauscht. Das NUK-System wurde gewartet und kalibriert (555.3B_Protokoll-Wartungsarbeiten_2014-1.pdf).

Die Tabelle 2 zeigt zusammenfassend alle Änderungen, welche seit dem Projektbeginn gegenüber dem ursprünglichen Projektbescrieb (Beilage 1) durchgeführt wurden.

Tabelle 2: Änderungen seit dem Projektbeginn gegenüber dem ursprünglichen Projektantrag

Datum	Änderung	Verweis auf Beschrieb
Dezember 2013	GWP _{CH4} von 21 auf 25 erhöht	Monitoringbericht „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever Monitoringzeitraum: 01.07.2012 - 30.06.2013“ vom Dezember 2013, Seite 9 und 13
November 2012	Korrektur der Parameterbezeichnung „Methanmessung im Mischgas“	Monitoringbericht „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever Monitoringzeitraum: 9.11.2011 - 30.6.2012“ vom November 2012 (Beilage 2), Seite 15
November 2012	Anpassung der Ermittlung der Methanemissionen MD _{CH4,y}	Monitoringbericht „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever Monitoringzeitraum: 9.11.2011 - 30.6.2012“ vom November 2012 (Beilage 2), Seite 15
November 2012	zwei temporäre Abweichungen in der Methanmessung im Mischgas und in der Gasmessung, deshalb Berechnungsänderung	Monitoringbericht „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever Monitoringzeitraum: 9.11.2011 - 30.6.2012“ vom November 2012 (Beilage 2), Seite 16 & 17
September 2012	Auswechslung des Airtox-Messgerätes durch ein neues Gerät (NUK)	Monitoringbericht „Effektiver Klimaschutz durch Zerstörung von Methan auf der Deponie Sass Grand in Bever Monitoringzeitraum: 01.07.2012 - 30.06.2013“ vom Dezember 2013, Seite 6

2.4 Messdaten

Die Tabelle 3 fasst die im Projektantrag unter C.5.2 aufgeführten Daten und Parameter zusammen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur die monatlichen Ergebnisse der gemäss Projektantrag und Formelergänzung aus dem 1. Monitoring 2011/2012 gemessenen Daten aufgeführt.

Tabelle 3: Monatliche Ergebnisse der im Rahmen des Monitorings gemessenen Daten

	Nm ³ _{MG,2013/2014} Nm ³	w _{CH4,MG,P} %	w _{CH4,AG} %	w _{CH4,DG} %	w _{CH4,MG} %	T _{flare} °C
	Abgesaugte Menge Misch- gas	Durchschnittli- cher Methan- gehalt im Mischgas (Poly- tron)	Durchschnittli- cher Methan- gehalt im Aero- bisierungsgas (NUK)	Durchschnittli- cher Methan- gehalt im De- poniegas (NUK)	Durchschnittli- cher Methan- gehalt im Mischgas (NUK)	Durchschnittli- che Temperatur im Abgasstrom
Juli 2013	44'593	28	27.5	31.9	26.7	713
August 2013	52'677	24	22.7	29.6	22.6	719
September 2013	44'550	25	17.8	21.2	17.6	736
Oktober 2013	48'581	25	16.9	18.2	16.9	687
November 2013	36'295	25	14.0	8.7	14.1	654
Dezember 2013	40'393	27	11.1	11.8	12.3	571
Januar 2014	41'852	27	15.2	17.4	15.8	636
Februar 2014	39'441	25	21.1	26.2	22.5	693
März 2014	34'386	29	29.7	30.2	29.4	714
April 2014	41'486	28	27.6	14.7	27.5	649
Mai 2014	38'271	24	24.2	13.0	24.0	641
Juni 2014	35'750	24	24.6	28.6	24.2	662
Juli 2014	21'117	25	32.3	27.5	26.1	790
August 2014	30'953	20	20.7	18.3	17.7	705
September 2014	32'969	25	21.4	14.8	19.0	708
Oktober 2014	32'252	26	26.2	3.3	26.0	639
November 2014	33'016	24	26.3	8.7	25.3	600
Dezember 2014	36'507	25	27.9	27.2	27.4	567
Summe/Mittel	685'087	25.3	22.6	19.5	22.0	671.3

Die originale Berechnung befindet sich in der Excel-Datei „Monitoring_Sass Grand_Emissionsberechnungen_7-13_12-14.xlsx“ und ist dem vorliegenden Monitoringbericht in Anhang 1 beigelegt.

Aufgrund der unterschiedlichen Zeitabstände bei den Messungen der Monitoringparameter (alle 15 Minuten bzw. alle 8 Stunden), wurden für die Berechnung der Emissionsreduktion alle Daten auf einer stündlichen Basis vereinheitlicht. Die Daten und die daraus berechneten Werte sind auf Monatsbasis eingeteilt worden. In der Excel-Datei befinden sich für jeden Monat der Monitoringperiode jeweils drei Tabellenblätter mit folgender Beschriftung und folgendem Inhalt:

- Emissionsberechnung_[Monat_Jahr]: Berechnung der Emissionsreduktionen im Monat x gemäss Methodologie aus dem Projektantrag und Ergänzung aus dem 1. Monitoringbericht 2011/2012. Auf diesem Blatt werden die gemessenen Werte auf Stundenbasis umgerechnet (Parameter: w_{CH4,AG}, w_{CH4,MG}, w_{CH4,MG,P} und Nm³_{AG,y})
- Mess_[Monat_Jahr]: Aufzeichnung der Messwerte Fackeltemperatur (zur Bestimmung der Fackeleffizienz AE) sowie Durchflussmenge und Methangehalt vom Mischgas in 15 minütigen Abständen.

- Methan_[Monat_Jahr]: Berechnung des Faktors für den Anteil an Aerobisierungsgas im Mischgas auf Basis der im 8-stündigen Takt gemessenen CH₄-Gehalte im Aerobisierungs-, Deponie- und Mischgas.

Im ersten Tabellenblatt „Zusammenfassung“ werden die monatlichen Ergebnisse der Emissionsreduktionen zusammengefasst und die Projektparameter dargestellt.

2.5 Interpretation betreffend Aerobisierungswirkung

Die Tabelle 2 zeigt teilweise Werte für den Methangehalt im Aerobisierungsgas ($w_{CH_4,AG}$) von über 20 %, was nicht einem idealen Aerobisierungsgas entspricht. Typisches Aerobisierungsgas hat einen tieferen Methangehalt und einen höheren Anteil an Kohlendioxid. Trotzdem findet in der Deponie Sass Grand eine Aerobisierung statt. Da der Deponiekörper inhomogen ist, dürfen zur Beurteilung nicht die Durchschnittswerte in Tabelle 3 herangezogen werden, sondern das Augenmerk gilt den Messergebnissen der einzelnen Pegel (vgl. Quartalsberichte in Anhang 2). Hier ist ersichtlich, dass in der Etappe 0 aerobisiert wird. Die Pegel D3, D7 und SP1 unten zeigen durch ihre Gaszusammensetzung eine Aerobisierung an. Im Pegel D6 ist die Temperatur hoch, was ebenfalls auf eine hohe aerobe Aktivität im Pegel schliessen lässt.

Es ist vorgesehen, die Aerobisierungswirkung ab 2015 weiter zu steigern. Dies erfolgt durch eine Erhöhung der Absaugrate in Etappe 0, was gleichzeitig eine Reduktion des Methangehalts im Aerobisierungsgas mit sich bringt. Um im Mischgas genügend Methan für den Betrieb der Fackel zu haben, ist es erforderlich, mehr methanreiches Deponiegas aus Etappe 1 und 2 zu fördern. Um dies zu ermöglichen, muss der Wasserhaushalt in Etappe 1 und 2 verbessert werden. Die erforderlichen Entwässerungspegel wurden 2014 erstellt. Die Umsetzung der weiteren Massnahmen in den nächsten Monaten vorgesehen.

3 Berechnung der Emissionsreduktionen

3.1 Berechnungsmethode und Projektparameter

Laut Projektantrag unter C.5.1 werden die Emissionsreduktionen ER_y während der Kreditierungsperiode mit folgender Formel berechnet:

$$ER_y = MD_{CH_4,y} - MD_{reg,y} - PE_y - Leakage_y$$

wobei

$MD_{CH_4,y}$	CH ₄ Emissionen des Referenzszenarios im Jahr y, die durch die Projektaktivität vermieden werden (t CO ₂ e)
$MD_{reg,y}$	CH ₄ Emissionen, welche aufgrund gesetzlicher oder behördlicher Vorgaben im Jahr y im Rahmen der Projektaktivität Sass Grand gefasst und zerstört werden (t CO ₂ e)
PE_y	Projektemissionen im Jahr y (t CO ₂ e)
$Leakage_y$	Leakageemissionen im Jahr y (t CO ₂ e)

3.1.1 Projektparameter $MD_{CH_4,y}$

Der Projektparameter $MD_{CH_4,y}$ stellt die Emissionen des Referenzszenarios dar, die durch die Projektaktivität vermieden werden können. Wie im 1. Monitoringbericht 2011/2012 (Beilage 2) beschrieben, werden Emissionsreduktionen in Verbindung mit der Zerstörung von Methan im Aerobisierungsgas (Biogas) wie folgt berechnet:

$$MD_{CH_4,y} = Nm^3_{AG,y} * f_{CH_4,AG} * D_{CH_4} * 25$$

wobei

$Nm^3_{AG,y}$	Menge an Aerobisierungsgas (Nm ³ /h)
$f_{CH_4,AG}$	Methanfracht im Aerobisierungsgas (Volumenanteil, %)
D_{CH_4}	Dichte von Methan bei Referenztemperatur und Referenzdruck von Aerobisierungsgas: 1.01325 bar (absolut), einer Luftfeuchtigkeit von 0 % (trockenes Gas) und einer Temperatur von 0 °C (DIN 1343) bzw. 15 °C (ISO2533); Wert = 0.000718 t/m ³
25	Treibhauspotential von Methan (GWP_{CH_4})

Aus den zwei (NUK und Polytron) gemessenen Methangehalten im Mischgas wird ein Korrekturfaktor (Konzentrationsfaktor k) für die Methanfracht im Aerobisierungsgas ermittelt. Der Korrekturfaktor soll Ungenauigkeiten, die sich aus dem unterschiedlichen Messgeräten und deren Messmethoden ergeben, kompensieren. Während das NUK Gerät (wie früher Airtox) im Messbalken nur alle 8 Stunden einen Wert ermittelt, liefert die Polytron-Messung einen Wert im ¼-Stundentakt. Die Messungen alle 15 Minuten haben eine größere Sicherheit, bezüglich kurzfristigen Schwankungen. Bei einer 8h-Messung wirkt sich ein einmaliger „Ausreisser“ stärker aus. Der Korrekturfaktor reduziert die Messunsicherheiten.

$$f_{CH_4,AG} = k * w_{CH_4,AG}$$

und

$$k = \frac{W_{CH_4, MG, P}}{W_{CH_4, MG}}$$

wobei

$W_{CH_4, AG}$	Methangehalt im Aerobisierungsgas (Volumenanteil, %)
k	Konzentrationsfaktor von Methan im Mischgas (%)
$W_{CH_4, MG, P}$	Methangehalt im Mischgas (Volumenanteil, %), mit Polytron gemessen
$W_{CH_4, MG}$	Methangehalt im Mischgas (Volumenanteil, %), mit NUK gemessen

3.1.2 Projektparameter $MD_{reg,y}$

Im Projektantrag wird unter C.5.1 gefordert, aufzuzeigen, inwiefern die Vermeidung von Methanemissionen im Sinne der Projektaktivität vollständig oder teilweise nicht schon aufgrund gesetzlicher oder behördlicher Anforderungen erfolgt.

Die Sanierungsmassnahme in Bezug auf Etappe 0 enthält die Verpflichtung, das Aerobisierungsgas über einen Biofilter abzublasen. Es ist also keine zusätzliche Behandlung des Aerobisierungsgases vorgeschrieben. Deshalb wird hier festgehalten, dass die Emissionsreduktionen auf der Deponie Sass Grand in Bever durch die Projektaktivität dementsprechend freiwillig erfolgen und somit der Projektparameter $MD_{reg,y}$ auf 0 zu setzen ist.

3.1.3 Projektparameter PE_y

Die Projektemissionen werden gemäss Projektantrag C.5.1 wie folgt berechnet:

$$PE_y = PE_{CO_2, Strom, y} + PE_{CH_4, Fackel, y}$$

In der Projektaktivität wird zur Verbrennung des Gases eine geschlossene Schwachgasfackel genutzt, um eine kontinuierliche Temperaturmessung zu gewährleisten (siehe PA). Somit ist die Voraussetzung für die Anwendbarkeit des UNFCCC Tools¹ zur Bestimmung der Fackeleffizienz erfüllt.

3.1.4 Projektparameter $PE_{CH_4, Fackel, y}$

Die Methanemissionen durch die unvollständige Verbrennung von Methan in der Schwachgasfackel werden mit dem entsprechenden UNFCCC Tool bestimmt.

$$PE_{CH_4, Fackel, y} = MD_{CH_4, y, neu} * (1 - AE)$$

wobei

AE Abfackelungseffizienz der Schwachgasfackel (%)

Die Abfackelungseffizienz für geschlossene Fackeln berechnet sich wie folgt:

$$AE = \frac{1}{n} * \sum_{h=1}^n AE_h$$

¹ EB 28, Meeting report, Annex 13, Methodological "Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane"

wobei

AE_h	Abfackelungseffizienz der Schwachgasfackel in Stunde h (%)
n	Betriebsstunden der Fackel, mögliche Werte zwischen 1 h und 8760 h

Für die Abfackeleffizienz sind in Abhängigkeit der Fackeltemperatur folgende Werte anzusetzen (siehe PA Kap. C.5.1):

- 0%, wenn die Temperatur im Abgas der Fackel (T_{flare}) unterhalb 500 °C für mehr als 20 Minuten in der Stunde h liegt;
- 50%, wenn die Temperatur im Abgas der Fackel (T_{flare}) oberhalb 500 °C für mehr als 40 Minuten in der Stunde h liegt, aber nicht alle der vom Hersteller vorgegebenen Parameter zum ordnungsgemässen Betrieb der Fackel sind während der Stunde h erfüllt;
- 90%, wenn die Temperatur im Abgas der Fackel (T_{flare}) oberhalb 500 °C für mehr als 40 Minuten in der Stunde h liegt und der Herstellerspezifikationen in Bezug auf den ordnungsgemässen Betrieb der Fackel kontinuierlich während der Stunde h eingehalten werden.

3.1.5 Projektparameter $PE_{CO_2,Strom,y}$

Der Stromverbrauch auf der Anlage entsteht durch die installierten Geräte (Pumpen, Fackel etc.) sowie durch die Beheizung des Technikcontainers und der Leitungen (Begleitheizung).

$$PE_{CO_2,Strom,y} = PEV_{Strom,y} * EF_{Strom,y}$$

wobei

$PEV_{Strom,y}$	Elektrischer Energieverbrauch des Projektes im Monitoringzeitraum (kWh)
$EF_{Strom,y}$	Emissionsfaktor des Schweizer Strommixes im Monitoringzeitraum (t CO ₂ e/kWh)

Zum Zeitpunkt der Einreichung des Projektantrages war der Schweizer Strommix per Definition in der Vollzugsweisung CO₂-neutral. Daher wurden die Projektemissionen aus dem Stromverbrauch in der Berechnung nicht berücksichtigt. Seit der Vollzugsmitteilung „Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland“² aus dem Jahr 2013 gilt für den Schweizer Produktionsmix ein Faktor von 24.2 g CO₂e/kWh (oder 0,0000242 t CO₂e/kWh).

Der Stromverbrauch des Projektes im Monitoringzeitraum betrug 32'384 kWh. Er ist abgeleitet aus den Abrechnungen des Energieversorgers, welche im Anhang 3 zu sehen sind. Mit dem Umrechnungsfaktor von 0.0000242 tCO₂e/kWh ergeben sich Projektemissionen in Höhe von 0.78 t CO₂e.

3.1.6 Projektparameter $Leakage_y$

Es fallen keine anderen Projektemissionen oder Emissionen aus Leakageeffekten an. Es wird davon ausgegangen, dass durch das Projekt ausserhalb der Projektgrenzen keine Treibhausgasemissionen erhöht werden. Der Projektparameter $Leakage_y$ ist somit 0.

² Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2013.

3.2 Emissionsreduktionen

Aus den in Kapitel 2.4 aufgeführten Messdaten ergeben sich nach der Berechnung der Projektparameter über den Monitoringzeitraum folgende Ergebnisse der erzielten Emissionsreduktionen (Tabelle 4):

Tabelle 4: Emissionsreduktionsberechnung im Monitoringzeitraum vom 1.7.2013 bis 31.12.2014

	MD _{CH4,2013-2014,neu} t CO ₂ e	MD _{reg,2013-2014} t CO ₂ e	PE ₂₀₁₃₋₂₀₁₄ t CO ₂ e	Leakage ₂₀₁₃₋₂₀₁₄ t CO ₂ e	ER ₂₀₁₃₋₂₀₁₄ t CO ₂ e
	Methanemissionen, die durch die Projektaktivität vermieden werden	Methanemissionen, welche aufgrund gesetzlicher und behördlicher Vorgaben zerstört werden	Projektemission durch unvollständige Verbrennung von Methan in der Schwachgasfackel	Leakageemissionen	Emissionsreduktionen
Juli 2013	202	0	21	0	182
August 2013	206	0	21	0	185
September 2013	184	0	18	0	165
Oktober 2013	189	0	19	0	170
November 2013	157	0	18	0	139
Dezember 2013	122	0	14	0	107
Januar 2014	95	0	10	0	85
Februar 2014	107	0	11	0	96
März 2014	139	0	14	0	125
April 2014	182	0	19	0	163
Mai 2014	143	0	14	0	128
Juni 2014	132	0	13	0	119
Juli 2014	91	0	9	0	82
August 2014	104	0	10	0	93
September 2014	137	0	14	0	123
Oktober 2014	139	0	14	0	125
November 2014	145	0	15	0	130
Dezember 2014	156	0	25	0	131
Summe	2'630	0	280	0	2'350³

³ Die ER-Monatswerte in Tabelle 4 sind gerundet. Dadurch ergäbe sich für die Summe eine Rundungsdifferenz von 2 t CO₂e. Das Total von 2350 t CO₂e ist jedoch der originalen Berechnung entnommen und enthält keine Rundungsdifferenzen.

Die originale Berechnung befindet sich in der Excel-Datei „Monitoring_Sass Grand_Emissionsberechnungen_7-13_12-14_v02.xlsx“ und ist dem vorliegenden Monitoringbericht in Anhang 1 beigefügt.

Die erzielten Emissionsreduktionen von total 2'350 t CO₂e lassen sich wie folgt auf die Kalenderjahre aufteilen:

Tabelle 5: Emissionsreduktionen pro Kalenderjahr

Kalenderjahr	ER [t CO ₂ e]
2013(2. Hälfte):	949
2014:	1401

3.3 Abweichungen und Anpassungen, Diskussion

In diesem Abschnitt werden Abweichungen vom Monitoringplan, wie dieser im Projektantrag (Beilage 1) beschrieben ist, dargestellt und diskutiert.

3.3.1 Abweichungen der berechneten Referenzemissionen

Die in diesem 3. Monitoringbericht (Periode 1.7.2013 - 31.12.2014) berechneten Referenzemissionen (MD_{CH₄}) liegen ca. 34 % über den im PA prognostizierten Referenzemissionen (MD_{CH₄}) (Tabelle 6).

Tabelle 6: Vergleich der Referenzemissionen

	Referenzemissionen MD _{CH₄} [t CO ₂ e]
berechnete Referenzemissionen im Monitoringbericht Periode 1.7.2013 - 31.12.2014	2'630
prognostizierte Referenzemissionen im PA für ein halbes Jahr 2013 und das Jahr 2014	1'961

Verschiedene Effekte haben zu der wesentlichen Erhöhung des Referenzemissionswertes gegenüber dem prognostizierten Wert geführt. Diese Effekte werden im Folgenden dargestellt.

Zunächst ist zu berücksichtigen, dass mit der Einführung der neuen Vollzugsmitteilung für Schweizer Kompensationsprojekte „Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland, Anhang G“⁴ das Treibhausgaspotential von Methan von 21 auf 22.25 erhöht wurde. Vergleicht man die in diesem Monitoringbericht berechneten Emissionsreduktionen mit denen aus dem Projektantrag, muss dieser Effekt also heraus gerechnet werden. Letztlich wurde nur eine Konstante dem aktuellen Stand der Forschung angepasst.

⁴ Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2013.

Ein weiterer Effekt besteht in der höheren Betriebsdauer der Anlage. Die monatliche Betriebsdauer der Anlage lag im Zeitraum Dezember 2011 bis Juni 2012 bei 70 %, im Zeitraum vom Juli 2013 bis Dezember 2014 bei 81 %. Durch die erhöhte Betriebsdauer, konnte mehr Gas abgesaugt werden, wodurch der berechnete Referenzemissionswert stieg.

Der dritte Effekt bezieht sich auf das Etappenvolumen. Vor Projektbeginn wurde nur ein Teil der Etappe 0 aerobisiert. Seit dem Jahr 2011 wird die gesamte Etappe 0 aerobisiert. Deshalb sind die berechneten Werte der Referenzemissionen eine Abschätzung der Menge an Aerobisierungsgas und deren CH₄-Gehalt aus der gesamten Etappe 0. Die prognostizierten Werte aus dem PA stützen sich allerdings auf die bis 2010 erhobenen Daten, also auf Daten aus einem Zeitraum, als nur ein Teil der Etappe 0 aerobisiert wurde. Dieses Fortschreiben der Daten (Prognose) kann ab 2011 also nicht ohne Korrektur gemacht werden. Es wird von einem grösseren Etappenvolumen von 25 % ausgegangen, welche somit korrigiert werden müssen.

In Tabelle 7 sind diese drei Effekte rechnerisch dargestellt.

Tabelle 7: Herleitung des angepassten Referenzemissionswertes und Vergleich mit dem prognostizierten Wert

MD _{CH₄} [t CO ₂ e]	Beschreibung Wert	Rechenweg
2'630	Referenzemissionen aus Monitoring 2013-2014	
		↪ : 22.25
2'482	Referenzemissionen mit Methanfaktor 21 statt 22.25	* 21
		↪ : 81
2'145	Abzug der verlängerten Betriebsdauer im Verhältnis zu 2011/2012	* 70
		↪ : 125
1'716	Abzug des grösseren Etappenvolumens (Annahme 2011/2012 = 125 %)	* 100



1'716	Angepasste Referenzemissionen für die Monitoringperiode 1.7.2013 - 31.12.2014
1'961	prognostizierte Referenzemissionen im PA

Differenz von 245 entspricht einer Abweichung von -13 % der berechneten Referenzemissionen gegenüber den prognostizierten Referenzemissionen.

Durch die Anpassung der berechneten Referenzemissionen sinkt der Wert von 2'630 auf 1'716 t CO₂e. Vergleicht man den angepassten Wert (1'716 t CO₂e) mit dem prognostizierten Wert (1'961 t CO₂e), wird ersichtlich, dass der berechnete Wert nur 13 % vom prognostizierten Wert abweicht. Durch die Anpassung des Referenzwertes entsteht also eine Konsistenz mit der Prognose. Im Gegensatz zur letzten Monitoringperiode (Juli 2012 bis Juni 2013) liegt der berechnete Wert nicht mehr über dem Prognostizierten, sondern darunter. Trotz erhöhter Betriebsdauer wurde also weniger Gas umgesetzt als die Prognose war.

Weiter ist zu bemerken, dass im 1. Monitoringbericht (Beilage 2) für die Zeit vom 9.11.2011 bis 27.1.2012 der Methangehalt um 25% reduziert wurde, wegen einer fehlerhaften Kalibration. In der Berechnungsdatei für den 2. Monitoringbericht (Periode Juli 2012 bis Juni 2013) blieb diese Reduktion unentdeckt und führte zu einem zu tiefen Wert. Der Fehler wurde für diese Monitoringperiode (Juli 2013 bis Dezember 2014) korrigiert.

Des Weiteren weicht die Berechnung der Emissionsreduktionen in den Quartalsberichten (Anhang 2) von der Berechnung im Monitoringbericht ab, was sich in der Summe der Emissionsreduktionen bemerkbar macht. Verifiziert ist die Berechnung im Monitoringbericht. Die Berechnungsdatei (Auswertedatei) für die Quartalsberichte wird bei Gelegenheit angepasst. Die Werte in den Quartalsberichten sind als Richtwerte zu verstehen.

St. Gallen, 19.10.2015

Werner Meier

Anhang 1 Originaldaten

Messwerte und Berechnung der Emissionsreduktionen:

- Monitoring_Sass Grand_Emissionsberechnungen_7-13_12-14_v02.xlsx

Rohdaten zur Emissionsberechnung:

- 555.3B_Auswertung-Klima_2013.xlsx
- 555.3B_Auswertung-Klima_2014.xlsx

Anhang 2 **Liste der Prüf- und Wartungsprotokolle, Periodische Berichte**

Ausserordentliche Wartungen 2013:

- 555.3B_Arbeitsprotokoll_130703.pdf
- 555.3B_Arbeitsprotokoll_130704.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt_1311.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt_131205.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt_131218.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt_131223.pdf

Jahresunterhalt 2013 (inkl. Prüfprotokolle):

- 555.3B_Protokoll-Unterhalt-1309_v02_pub.pdf

Ausserordentliche Wartungen 2014:

- 555.3B_Protokoll-Unterhalt-140123.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt-140312.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt-140402.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt-140407.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt_140716.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt_141015.pdf
- 555.3B_Protokoll-Unterhalt_141125.pdf

Jahresunterhalt 2014:

- 555.3B_Protokoll-Wartungsarbeiten_2014-1.pdf
- 555.3B_Protokoll-Wartungsarbeiten_2014-2.pdf

Prüfprotokolle Dräger 2014:

- 555.3B_Kalibration-Dräger-Geräte_2014.pdf

Prüfprotokolle Endress + Hauser 2014:

- Dekontaminationserklaerung_T_MASS65.pdf
- P 110_P 110_9803A40109C_140902.pdf
- P 112_P 112_9803A20109C_140902.pdf
- Q108.pdf
- Raumfühler Container_T520_97009314176_140902.pdf
- Raumfühler Sammelgebäude__9700941414176_140902.pdf
- SERVICE_REPORT_004403416727_0010.pdf
- T 104_T 104_460820090909140226_140902.pdf
- T 107_T 107_460820111109102058_140902.pdf
- T 112_T 112_460820090909134936_140902.pdf
- 555.3B_Kalibrationsprotokoll-Q208_131029.pdf

Periodische Berichte der Dplus AG:

- Quartalsbericht 3 Jahr 2013: 555.3B_Quartalsbericht_2013_Q3.pdf
- Quartalsbericht 4 Jahr 2013: 555.3B_Quartalsbericht_2013_Q4.pdf
- Jahresbericht 2013: 555.3B_Jahresbericht-2013_pub.pdf
- Quartalsbericht 1 Jahr 2014: 555.3B_Quartalsbericht_2014_Q1.pdf

- Quartalsbericht 2 Jahr 2014: 555.3B_Quartalsbericht_2014_Q2.pdf
- Quartalsbericht 3 Jahr 2014: 555.3B_Quartalsbericht_2014_Q3.pdf
- Quartalsbericht 4 Jahr 2014: 555.3B_Quartalsbericht_2014_Q4.pdf

Anhang 3 Projektemissionen Eigenstrombedarf

Abrechnungen mit dem Energieversorger für den Monitoringzeitraum:

- 555.3B_Strom-Anlage_2013-Q3.pdf
- 555.3B_Strom-Anlage_2013-Q4.pdf
- 555.3B_Strom-Anlage_2014-Q1.pdf
- 555.3B_Strom-Anlage_2014-Q2.pdf
- 555.3B_Strom-Anlage_2014-Q3.pdf
- 555.3B_Strom-Anlage_2014-Q4.pdf