

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 44 823 55 11
F +41 44 821 62 44
www.empa.ch



Materials Science & Technology

Bundesamt für Umwelt BAFU
Hr. Rainer Kegel
Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien
Sektion Industrie und Feuerungen

CH-3003 Bern

Schlussbericht: N₂O und CH₄ Emissionen aus KVAs

Auftrag:	Bestimmung der N₂O und CH₄ Emissionen aus Schweizer KVAs
Auftraggeber:	Herr Rainer Kegel / Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien
Ihr Auftrag vom:	14. August 2013
Vertrags-Nummer:	00.0009.PZ / M272-1050
Anzahl Seiten:	10

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Dübendorf, 31. Oktober 2013

Projektleiter:

Dr. J. Mohn

Abteilungsleiter:

Dr. L. Emmenegger

Anmerkung: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Das Verwenden des Berichtes zu Werbezwecken, der blosse Hinweis darauf sowie auszugsweises Veröffentlichern bedürfen der Genehmigung der Empa (vgl. Merkblatt). Bericht und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert.

1 Einleitung

Die Abteilung Luftreinhaltung/Umwelttechnik der Empa führt im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU, Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien ein Forschungsprojekt zum Thema „Bestimmung der Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) Emissionen aus Schweizer Kehrichtverbrennungsanlagen (KVAs)“ durch. Die Auftragserteilung erfolgte am 14. August 2013 durch Herrn Dr. Martin Schiess und Herrn Rainer Kegel (BAFU) auf Grund einer Offerte vom 21. Juni 2013.

Der vorliegende Schlussbericht enthält die N₂O und CH₄ Emissionskonzentrationen des Abgases von fünf Schweizer KVAs: Buchs, Winterthur, Linthgebiet, Fribourg und Emmenspitz Zuchwil. Zur Bestimmung der Emissionskonzentrationen wurden FTIR Spektren des Reingases der Anlagen ausgewertet, welche 2010 – 2011 im Rahmen des Projekts „Bestimmung des Anteils biogener bzw. fossiler CO₂ Emissionen aus Schweizer KVAs“ aufgenommen worden waren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die CH₄ Emissionskonzentrationen der untersuchten Kehrichtverbrennungsanlagen erwartungsgemäss sehr gering sind und zumeist unter der Hintergrundkonzentration von 1.8 ppm liegen. Im Gegensatz dazu weisen die Emissionskonzentrationen von Lachgas eine „bimodale“ Verteilung auf. Während die Emissionen der Anlagen mit SCR Katalysator sehr gering im Bereich der Hintergrundkonzentrationen von 0.3 ppm sind, besitzen die Anlagen mit SNCR Verfahren 10 bis 20 fach höhere N₂O Emissionen.

Aus den N₂O Emissionskonzentrationen der Anlagen wurden durch Bezug auf die CO₂ Konzentrationen des Abgases und den CO₂ Emissionsfaktor (1271 kg / t Kehricht, feucht) ein N₂O Emissionsfaktor abgeschätzt. Für Anlagen mit SCR Katalysator wurde ein Wert von maximal 5 ± 4 g / t Kehricht, feucht berechnet, welcher im Bereich der Bestimmungsgrenze und der N₂O Hintergrundkonzentration von 4 g N₂O / t Kehricht, feucht liegt. Für Anlagen mit SNCR Verfahren wurde eine Emissionsfaktor zwischen 44 ± 8 und 59 ± 18 g N₂O / t Kehricht, feucht erhalten. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind deutlich tiefer als im Schweizer Handbuch: Emissionsfaktoren für stationäre Quellen für Anlagen mit DeNOx Verfahren angenommen (120 g / t Kehricht, feucht), jedoch vergleichbar mit Emissionen deutscher KVAs (5.5 – 66 g / t Kehricht).

2 Vorgehen

Zur Bestimmung der N₂O und CH₄ Emissionskonzentrationen Schweizer KVAs wurden FTIR Spektren des Reingases verschiedener Anlagen ausgewertet, welche 2010 – 2011 im Rahmen des Projekts „Bestimmung des Anteils biogener bzw. fossiler CO₂ Emissionen aus Schweizer KVAs“ (FOCAWIN) aufgenommen worden waren. In diesem Projekt waren an drei Anlagen (Buchs, Winterthur, Linthgebiet) je etwa 18 Abgasproben, an zwei Anlagen (Fribourg und Emmenspitz Zuchwil) je etwa 9 Abgasproben über jeweils eine Woche gesammelt und im Labor analysiert worden. Details zu den beprobten Anlagen und der eingesetzten Messtechnik finden sich im FOCAWIN Schlussbericht (Mohn et al. 2011).

Die Eignung der im FOCAWIN Projekt verwendeten Probenahmereinrichtung zur Bestimmung der N₂O und CH₄ Konzentrationen im Abgas moderner KVAs wurde im Rahmen des vorliegenden Projekts durch Vergleichsmessungen sichergestellt. Hierbei wurde eine sehr gute Übereinstimmung der N₂O und CH₄ Konzentrationen nach „FOCAWIN Probenahme“ mit einer Probenahme entsprechend den geltenden VDI Richtlinien für N₂O (VDI 2005) und CH₄ (VDI 2008) gefunden. Details zu den durchgeführten Labor- und Feld-Messungen (KVA Winterthur) finden sich im Validierungsbericht (Zeyer et al. 2013).

Für die quantitative Auswertung der FTIR Reingasspektren wurde eine analytische Methode auf der Grundlage eines Classical Least Square (CLS) – Algorithmus erstellt (TQ Analyst, Thermo Fisher Scientific Inc.). Vorgängig wurden Kalibrierungsspektren von N₂O und CH₄ sowie der interferierenden Verbindungen CO₂, CO und H₂O in den relevanten Konzentrationsbereichen aufgenommen. Nach einer Validierung der analytischen Methode wurden die N₂O, CH₄ und CO₂ Emissionskonzentrationen im Reingas der 2010 – 2011 beprobten Anlagen bestimmt. Diese Ergebnisse sind Inhalt des vorliegenden Berichts (siehe Kapitel 3).

3 Ergebnisse

Die Lachgas, Methan und Kohlendioxid Emissionskonzentrationen der im Rahmen des FOCAWIN Projekts beprobten Kehrlichtverbrennungsanlagen sind in den nachfolgenden Tabellen 1 – 5 dargestellt. Da die Standardabweichungen bei Mehrfachbestimmung derselben Gasprobe in allen Fällen geringer waren als die Messunsicherheit des gesamten Messverfahrens von 10 % (min. 0.3 ppm N₂O bzw. CH₄), wurde diese angegeben. Für die Mittelwertberechnung einer Anlage wurden Einzelwerte unter der Bestimmungsgrenze gleich der halben Bestimmungsgrenze gesetzt.

3.1 KVA Buchs

Tabelle 1 N₂O und CH₄ Konzentrationen im Reingas der KVA Buchs, Anzahl der berücksichtigten FTIR Spektren (n) sowie besondere Vorkommnisse bei der Probenahme und gemäss Angaben des Betreibers.

	Probenahme- intervalle	N ₂ O [ppm]	CH ₄ [ppm]	CO ₂ [%]	n	Besondere Vorkommnisse
Linie 1	13.09 – 20.09.10	0.3 ± 0.3	< 0.3	9.6 ± 1.0	1	keine
	20.09 – 27.09.10	0.3 ± 0.3	< 0.3	9.7 ± 1.0	1	
	27.09 – 04.10.10	0.4 ± 0.3	1.2 ± 0.3	9.5 ± 1.0	1	
Linie 1	15.11 – 22.11.10	0.5 ± 0.3	< 0.3	9.2 ± 0.9	2	keine
	22.11 – 29.11.10	0.5 ± 0.3	< 0.3	9.5 ± 0.9	2	
	29.11 – 06.12.10	0.5 ± 0.3	< 0.3	9.6 ± 1.0	2	
Linie 1	10.01 – 17.01.11	< 0.3	< 0.3	9.6 ± 1.0	2	keine
	17.01 – 24.01.11	0.3 ± 0.3	0.5 ± 0.3	8.4 ± 0.8	2	
	24.01 – 31.01.11	< 0.3	< 0.3	9.4 ± 0.9	2	
Linie 1	22.03 – 29.03.11	0.5 ± 0.3	< 0.3	9.4 ± 0.9	2	keine
	29.03 – 05.04.11	0.3 ± 0.3	< 0.3	9.4 ± 0.9	2	
	05.04 – 12.04.11	0.3 ± 0.3	< 0.3	9.3 ± 0.9	2	
Linie 1	10.05 – 17.05.11	0.3 ± 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	2	keine
	17.05 – 25.05.11	0.5 ± 0.3	0.9 ± 0.3	9.8 ± 1.0	2	
	25.05 – 31.05.11	0.3 ± 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	3	
Linie 3	19.07 – 25.07.11	0.5 ± 0.3	< 0.3	9.3 ± 0.9	2	Anlagenunterbruch: Bag vom 25.07 – 02.08.11 für Mittelwertbildung nicht verwendet
	25.07 – 02.08.11	0.6 ± 0.3	2.7 ± 0.3	7.7 ± 0.8	2	
	02.08 – 08.08.11	< 0.3	< 0.3	9.7 ± 1.0	3	
Mittelwert ± 2 x STABWN		0.4 ± 0.3	< 0.3	9.5 ± 0.9	17 (33)*	

* 17 Reingasproben, welche für jeweils etwa 1 Woche repräsentativ sind; 33 FTIR Spektren

3.2 KVA Winterthur

Tabelle 2 N₂O und CH₄ Konzentrationen im Reingas der KVA Winterthur, Anzahl der berücksichtigten FTIR Spektren (n) sowie besondere Vorkommnisse bei der Probenahme und gemäss Angaben des Betreibers.

Linie 2	Probenahme- intervalle	N ₂ O [ppm]	CH ₄ [ppm]	CO ₂ [%]	n	Besondere Vorkommnisse
	13.09 – 20.09.10	3.6 ± 0.4	< 0.3	10.0 ± 1.0	1	Stromunterbruch: Bag vom 20 – 27.09.10 für Mittelwertbildung nicht verwendet
	20.09 – 27.09.10	3.4 ± 0.3	< 0.3	10.0 ± 1.0	1	
	27.09 – 04.10.10	3.2 ± 0.3	< 0.3	9.9 ± 1.0	1	
	04.10 – 11.10.10	3.3 ± 0.3	< 0.3	9.9 ± 1.0	1	
	15.11 – 22.11.10	3.3 ± 0.3	< 0.3	10.2 ± 1.0	2	keine
	22.11 – 29.11.10	3.5 ± 0.4	< 0.3	10.3 ± 1.0	2	
	29.11 – 06.12.10	3.4 ± 0.3	0.8	10.4 ± 1.0	3	
	10.01 – 17.01.11	3.7 ± 0.4	0.5 ± 0.3	10.0 ± 1.0	2	keine
	17.01 – 24.01.11	3.8 ± 0.4	< 0.3	9.9 ± 1.0	2	
	24.01 – 31.01.11	3.8 ± 0.4	< 0.3	9.8 ± 1.0	2	
	15.03 – 22.03.11	3.7 ± 0.4	< 0.3	9.9 ± 1.0	7	keine
	22.03 – 29.03.11	3.4 ± 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	5	
	29.03 – 05.04.11	3.2 ± 0.3	< 0.3	9.9 ± 1.0	7	
	10.05 – 13.05.11	3.2 ± 0.3	< 0.3	9.9 ± 1.0	1	keine
	06.06 – 14.06.11	3.3 ± 0.3	0.5 ± 0.3	9.6 ± 1.0	6	keine
	14.06 – 21.06.11	3.2 ± 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	5	
	21.06 – 28.06.11	3.3 ± 0.3	< 0.3	9.5 ± 1.0	4	
	28.06 – 04.07.11	3.4 ± 0.3	< 0.3	9.6 ± 1.0	2	
	04.07 – 05.07.11	3.6 ± 0.4	< 0.3	9.5 ± 1.0	3	
	11.07 – 18.07.11	3.5 ± 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	2	keine
	18.07 – 25.07.11	3.4 ± 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	2	
	25.07 – 02.08.11	3.2 ± 0.3	< 0.3	9.7 ± 1.0	2	
	Mittelwert ± 2 x STABWN	3.4 ± 0.4	< 0.3	9.9 ± 1.0	21 (62)*	

* 21 Reingasproben, welche für jeweils etwa 1 Woche repräsentativ sind; 62 FTIR Spektren

3.3 KVA Linthgebiet

Tabelle 3 N₂O und CH₄ Konzentrationen im Reingas der KVA Linthgebiet, Anzahl der berücksichtigten FTIR Spektren (n) sowie besondere Vorkommnisse bei der Probenahme und gemäss Angaben des Betreibers.

Linie 2	Probenahme- intervalle	N ₂ O [ppm]	CH ₄ [ppm]	CO ₂ [%]	n	Besondere Vorkommnisse
	04.10 – 11.10.10	0.3 ± 0.3	0.4 ± 0.3	10.0 ± 1.0	1	keine
	15.11 – 22.11.10	0.3 ± 0.3	0.4 ± 0.3	10.0 ± 1.0	2	keine
	22.11 – 29.11.10	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.3	10.1 ± 1.0	2	
	29.11 – 06.12.10	< 0.3	0.4 ± 0.3	9.9 ± 1.0	3	
	10.01 – 17.01.11	< 0.3	1.0 ± 0.3	10.2 ± 1.0	2	keine
	17.01 – 24.01.11	< 0.3	0.3 ± 0.3	10.1 ± 1.0	2	
	24.01 – 31.01.11	< 0.3	0.4 ± 0.3	9.8 ± 1.0	2	
	15.03 – 22.03.11	< 0.3	0.4 ± 0.3	10.0 ± 1.0	4	keine
	22.03 – 29.03.11	0.3 ± 0.3	1.1 ± 0.3	9.3 ± 0.9	2	
	29.03 – 05.04.11	< 0.3	0.5 ± 0.3	10.0 ± 1.0	2	
	10.05 – 17.05.11	< 0.3	< 0.3	10.1 ± 1.0	4	keine
	17.05 – 24.05.11	< 0.3	< 0.3	9.9 ± 1.0	2	
	24.05 – 31.05.11	< 0.3	0.3 ± 0.3	9.9 ± 1.0	2	
	12.07 – 18.07.11	< 0.3	0.4 ± 0.3	9.8 ± 1.0	2	keine
	18.07 – 25.07.11	0.3 ± 0.3	0.4 ± 0.3	9.6 ± 1.0	3	
	25.07 – 02.08.11	0.3 ± 0.3	0.4 ± 0.3	10.1 ± 1.0	2	
Mittelwert ± 2 x STABWN		< 0.3	0.5 ± 0.5	9.9 ± 1.0	16 (37)*	

* 16 Reingasproben, welche für jeweils etwa 1 Woche repräsentativ sind; 37 FTIR Spektren

3.4 UIOM Fribourg

Tabelle 4 N₂O und CH₄ Konzentrationen im Reingas der UIOM Fribourg, Anzahl der berücksichtigten FTIR Spektren (n) sowie besondere Vorkommnisse bei der Probenahme und gemäss Angaben des Betreibers.

Linie 1	Probenahmeintervalle	N ₂ O [ppm]	CH ₄ [ppm]	CO ₂ [%]	n	Besondere Vorkommnisse
	19.10 – 25.10.10	< 0.3	1.1 ± 0.3	9.5 ± 0.9	2	Defekter Pumpenschlauch: Bag vom 2 – 8.11.10 für Mittelwertbildung nicht verwendet
	25.10 – 02.11.10	< 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	1	
	02.11 – 08.11.10	< 0.3	0.3 ± 0.3	9.4 ± 0.9	1	
	08.02 – 15.02.11	< 0.3	< 0.3	9.9 ± 1.0	2	keine
	15.02 – 22.02.11	< 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	1	
	22.02 – 01.03.11	< 0.3	< 0.3	9.7 ± 1.0	1	
	15.06 – 22.06.11	< 0.3	< 0.3	9.6 ± 1.0	2	keine
	22.06 – 29.06.11	< 0.3	< 0.3	9.6 ± 1.0	2	
	29.06 – 06.07.11	< 0.3	< 0.3	9.8 ± 1.0	3	
Mittelwert		< 0.3	< 0.3	9.7 ± 1.0	9 (15)*	

* 9 Reingasproben, welche für jeweils etwa 1 Woche repräsentativ sind; 15 FTIR Spektren

3.5 KVA Emmenspitz - Zuchwil

Tabelle 5 N₂O und CH₄ Konzentrationen im Reingas der KVA Emmenspitz - Zuchwil, Anzahl der berücksichtigten FTIR Spektren (n) sowie besondere Vorkommnisse bei der Probenahme und gemäss Angaben des Betreibers.

Linie 2	Probenahmeintervalle	N ₂ O [ppm]	CH ₄ [ppm]	CO ₂ [%]	n	Besondere Vorkommnisse
	18.10 – 25.10.10	4.2 ± 0.4	0.4 ± 0.3	9.9 ± 1.0	2	keine
	25.10 – 01.11.10	4.2 ± 0.4	0.3 ± 0.3	9.7 ± 1.0	2	
	01.11 – 08.11.10	4.4 ± 0.4	< 0.3	10.2 ± 1.0	2	
	08.02 – 15.2.11	4.2 ± 0.4	0.4 ± 0.3	9.8 ± 1.0	2	Anlagenunterbruch: Bags ab 15.02.11 für Mittelwertbildung nicht verwendet
	16.06 – 22.06.11	3.8 ± 0.4	12.3 ± 1.2	7.4 ± 0.7	2	Anlagenunterbruch: Bag vom 16.06 – 22.06.11 für Mittelwertbildung nicht verwendet
	27.06 – 04.07.11	4.8 ± 0.5	< 0.3	10.0 ± 1.0	2	
	04.07 – 11.07.11	5.2 ± 0.5	< 0.3	10.1 ± 1.0	2	
	11.07 – 18.07.11	5.8 ± 0.6	2.3 ± 0.3	9.7 ± 1.0	2	
Mittelwert ± 2 x STABWN		4.6 ± 1.2	0.5 ± 1.4	9.9 ± 1.0	8 (16)*	

* 8 Reingasproben, welche für jeweils etwa 1 Woche repräsentativ sind; 16 FTIR Spektren

3.6 Messunsicherheit

Bei der angegebenen Messunsicherheit handelt es sich um die 95%-Vertrauensgrenzen, welche sich auf das gesamte Messverfahren beziehen. Die Bestimmungsgrenzen wurden durch Vergleich der Absorptionsflächen der N₂O bzw. CH₄ FTIR Referenzspektren mit den Residuen der Messspektren in den relevanten Wellenlängenbereichen, gemäss der NIOSH Methode 3800, abgeschätzt (NIOSH 2000).

Komponente	Messunsicherheit	Bestimmungsgrenze
N ₂ O	10% mind. 0.3 ppm	0.3 ppm
CH ₄	10% mind. 0.3 ppm	0.3 ppm

4 Diskussion der Ergebnisse

Die Emissionskonzentrationen von Lachgas und Methan der fünf untersuchten KVA waren sehr konsistent. Emissionskonzentrationen von Methan im Reingas aller Kehrrechtverbrennungsanlagen waren gering, zumeist unter der Umgebungskonzentration von ca. 1.8 ppm. Eine Ausnahme stellen drei Probenahmeperioden dar, von welchen zwei auf technische Probleme der KVA zurückzuführen waren (KVA Buchs 25.7 – 02.08.11, KVA Emmenspitz – Zuchwil 16.06 – 22.06.11). Diese Werte wurden daher bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt. Die geringen Methanemissionen entsprechen den Erwartungen, da bei der Kehrrechtverbrennung, auf Grund der hohen Verbrennungstemperaturen und Aufenthaltsdauer im Brennraum, keine wesentlichen CH₄ Emissionen erwartet werden (FOEN 2013; IPCC 2000). Auch der „IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories“ geht bei KVAs auf Grund der Verbrennungsbedingungen von keinen signifikanten CH₄ Emissionen aus (IPCC 2000).

Die Emissionskonzentrationen von Lachgas wiesen eine „bimodale“ Verteilung auf; d.h. waren entweder sehr gering im Bereich der Umgebungskonzentration von 0.3 ppm oder um etwa einen Faktor 10 bis 20 erhöht (ca. 3 bis 6 ppm). Geringe N₂O Emissionskonzentrationen wiesen die KVA Buchs, Linthgebiet und Fribourg auf, während die Emissionen der KVA Winterthur und Emmenspitz – Zuchwil deutlich höher lagen. Vergleichbare N₂O Emissionen (ca. 4.5 – 5.5 ppm) wurden für die KVA Winterthur auch bei den Validierungsmessungen Ende August 2013 nachgewiesen (Zeyer et al. 2013). Ein offensichtlicher Unterschied der beiden „Anlagen-Gruppen“ liegt in der eingesetzten DeNO_x Technologie. Während die KVA Buchs, Linthgebiet und Fribourg über einen SCR Katalysator verfügen, wird in der KVA Winterthur und Emmenspitz – Zuchwil Ammoniak in den Brennraum eingedüst (SNCR). Bei diesem Verfahren kommt es offensichtlich zur Bildung von N₂O, während diese für das SCR Verfahren nicht beobachtet

wurde. Diese Beobachtung widerspricht den Annahmen des Schweizer Treibhausgas-Inventars und des Handbuchs: Emissionsfaktoren für stationäre Quellen, die beide von einer vergleichbaren N₂O Bildung durch beide DeNO_x Technologien (SCR, SNCR) ausgehen (FOEN 2000; FOEN 2013).

Für einen Vergleich der N₂O Emissionen mit Literaturwerten wurden Emissionsfaktoren berechnet (Tabelle 6). Der Bezug zur verbrannten Müllmenge und dem Volumenstrom, wurde über die gemessene CO₂ Emissionskonzentration und den CO₂ Emissionsfaktor von 1271 kg / t Kehricht (feucht) hergestellt (EMIS 2013). Damit errechnet sich für die Anlagen mit SCR Katalysator ein N₂O Emissionsfaktor von maximal 5 ± 4 g / t Kehricht (feucht), welcher im Bereich der Bestimmungsgrenze und der N₂O Hintergrundkonzentration von 4 g N₂O / t Kehricht, feucht liegt. Für Anlagen mit SNCR Verfahren wurde ein Emissionsfaktor von 44 ± 8 bzw. 59 ± 18 g / t Kehricht (feucht) bestimmt. Bei der Berechnung der Emissionsfaktoren wurden nur reguläre Betriebsbedingungen berücksichtigt. Die Werte für beide Anlagentypen sind deutlich tiefer als im Handbuch: Emissionsfaktoren für stationäre Quellen für Anlagen mit DeNO_x Verfahren angenommen (120 g / t Kehricht, feucht) (FOEN 2000). Im „IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories“ wird eine Untersuchung zitiert, welche für KVAs in Deutschland N₂O Emissionsfaktoren in einer vergleichbaren Grössenordnung von 5.5 – 66 g / t Kehricht angibt (IPCC 2000).

Tabelle 6 N₂O Emissionsfaktoren von 5 Schweizer KVAs. Die Unsicherheit der Emissionsfaktoren wurde aus den Unsicherheiten der N₂O und CO₂ Konzentrationen und des CO₂ Emissionsfaktors (10%) gemäss Fehlerfortpflanzungsgesetz abgeschätzt.

	DeNO _x Technologie	N ₂ O* [g / t Kehricht, feucht]
KVA Emmenspitz – Zuchwil	SNCR	59 ± 18
KVA Winterthur	SNCR	44 ± 8
KVA Buchs	SCR	5 ± 4
KVA Linthgebiet	SCR	< 4
UIOM Fribourg	SCR	< 4

* keine Korrektur der N₂O Hintergrundkonzentration von 4 g N₂O / t Kehricht (feucht) durchgeführt.

Literatur

EMIS, 2013. Municipal Waste Incineration Plants. Bern: 20.

FOEN, 2000. Handbuch: Emissionsfaktoren für stationäre Quellen, Federal Office for the Environment FOEN: 355.

FOEN, 2013. Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2011, National Inventory Report. Berne, Switzerland, Federal Office for the Environment FOEN, Climate Division: 486.

IPCC, 2000. Chapter 5: Waste, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, pp. 32.

Mohn, J., Buchmann, B., 2011. Bestimmung des Anteils biogener bzw. fossiler CO₂ Emissionen aus Schweizer KVAs. Dübendorf, Empa: 13.

NIOSH, 2000. Method 3800-Organic and inorganic gases by extractive FTIR spectrometry: 47.

VDI, 2005. 2469 Part 1 - Messen gasförmiger Emissionen; Messen von Distickstoffmonoxid - Manuelles gaschromatographisches Verfahren. Düsseldorf. 2469 Part 1: 16.

VDI, 2008. 2466 Part 1 - Messen gasförmiger Emissionen; Messen von Methan - Manuelles gaschromatografisches Verfahren. Düsseldorf. 2466 Part 1: 12.

Zeyer, K., Mohn, J., 2013. Kurzbericht: Validierung der Bag Probenahme. Dübendorf, Empa: 7.