

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Nürnberg
Fürther Straße 35
90513 Zirndorf

Telefon +49(911)600445 0
Telefax +49(911)600445 11

www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. (FH) Frank Ellner-Schuberth
Telefon +49(911)600445 15
Frank.Ellner-Schuberth@mbbm.com

14. Januar 2022
M158037/10 Version 1 ELR/MNR

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen im Jahr 2021

BHI GmbH

Biomasseheizkraftwerk Ilmenau

Bericht Nr. M158037/10

Betreiber:	BHI GmbH Biomasse Heizkraftwerk Ilmenau Gewerbepark "Am Wald" 18 a 98693 Ilmenau
Standort:	Gewerbepark "Am Wald" 18 a 98693 Ilmenau
Bericht erstellt von:	M. Eng. Maximilian Leitl
Datum der Messungen:	10. – 12.11.2021

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Nürnberg
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen

Name der nach § 29b BImSchG bekannt gegebenen Stelle	Müller-BBM GmbH
Befristung der Bekanntgabe nach § 29b BImSchG	Bekanntgabe durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU Bayern), gültig bis 05.12.2024
Berichtsnummer	M158037/10
Datum	14. Januar 2022
Betreiber	BHI GmbH Biomasse Heizkraftwerk Ilmenau Gewerbepark "Am Wald" 18 a 98693 Ilmenau
Standort	Gewerbepark "Am Wald" 18 a 98693 Ilmenau
Art der Messung	Messung von gas- und partikelförmigen Emissionen
Auftragsnummer	013-4500349681/11440
Auftragsdatum	27.08.2020
Messtermin	10. – 12.11.2021
Berichtsumfang	43 Seiten, davon 12 Seiten Anlagen
Aufgabenstellung	wiederkehrende Messungen zur Überprüfung der Einhaltung der Emissionsbegrenzungen gemäß Genehmigungsbescheid

Zusammenfassung

Anlage	Anlage zur Verwertung fester Abfälle mit brennbaren Bestandteilen durch thermische Verfahren, insbesondere Verbrennung
Betriebszeiten	max. 8.760 h/a, abzüglich Revisionszeiten
Emissionsquelle	1 Abgaskamin
Messkomponenten	Fluorwasserstoff (HF), Cyanwasserstoff (HCN), Distickstoffoxid (N ₂ O), Benzo(a)pyren, PCDD/F + dl-PCB (gemäß 17. BImSchV, Anlage 2), Quecksilber, Metalle gemäß 17. BImSchV
Quellennummer	01

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14.01.2022

Messergebnisse

siehe nachfolgende Tabelle(n)

Tabelle 0.1. Zusammenfassung der Messergebnisse - Massenkonzentrationen.

Komponente	Einheit	$Y_{\max}-U_P$ *)	$Y_{\max}+U_P$ *)	Grenzwert	Betriebszustand	
N ₂ O	mg/m ³ ,N	0	25	-		
HF	mg/m ³ ,N	0	0	1		
Hg	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,03		
PCDD/F + dl-PCB	WHO-TEQ	1)	ng/m ³ ,N	0,0	0,0	0,1
Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 a		mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,05
Schwermetalle (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 b der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 b		mg/m ³ ,N	0,1	0,2	0,5
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 c		mg/m ³ ,N	0,01	0,01	0,05

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

1) Fremdanalytik (siehe 1.12)

Y_{\max} : maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

siehe Abschnitt 5

Tabelle 0.2. Zusammenfassung der Messergebnisse - Massenströme.

Komponente	Einheit	$Y_{\max}-U_P$ *)	$Y_{\max}+U_P$ *)	Grenzwert	Betriebszustand
HCN	g/h	5	9	15	siehe Abschnitt 5

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Y_{\max} : maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

Die angegebenen Massenkonzentrationen beziehen sich auf das trockene Abgas im Normzustand (273 K, 1013 hPa) und einen Sauerstoffbezugswert von 11 Vol.-%.

Anmerkung:

Bei den Summenbildungen bleiben Einzelstoffe (Metalle, PCDD/F- und dl-PCB-Kongenere, Benzo(a)pyren), deren Konzentrationen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, unberücksichtigt (für den Fall, dass alle in der Summe enthaltenen Einzelkomponenten unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, ergibt sich demzufolge für den Summenwert der Zahlenwert „Null“).

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\IMPROJ158\M158037\10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Formulierung der Messaufgabe	5
1.1	Auftraggeber	5
1.2	Betreiber	5
1.3	Standort	5
1.4	Anlage	5
1.5	Messzeit (Datum)	5
1.6	Anlass der Messung	5
1.7	Aufgabenstellung	5
1.8	Messobjekte	6
1.9	Ortsbesichtigung vor Messdurchführung	6
1.10	Messplanabstimmung	7
1.11	An den Arbeiten beteiligte Personen	7
1.12	Beteiligung weiterer Institute	7
1.13	Fachlich Verantwortlicher	7
2	Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe	8
2.1	Art der Anlage	8
2.2	Beschreibung der Anlage	8
2.3	Beschreibung der Emissionsquelle	8
2.4	Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe	9
2.5	Betriebszeiten	9
2.6	Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen	9
3	Beschreibung der Probenahmestelle	11
4	Mess- und Analysenverfahren, Geräte	12
4.1	Abgasrandbedingungen	12
4.2	Kontinuierliche Messverfahren	13
4.3	Diskontinuierliche Messverfahren	15
5	Betriebszustand der Anlage während der Messungen	25
5.1	Produktionsanlage	25
5.2	Abgasreinigungsanlagen	25
6	Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion	26
6.1	Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen	26
6.2	Messergebnisse	26
6.3	Messunsicherheiten	30
6.4	Plausibilitätsprüfung	30
7	Anlagen	32

1 Formulierung der Messaufgabe

1.1 Auftraggeber

BHI GmbH
 Biomasse Heizkraftwerk Ilmenau
 Gewerbepark "Am Wald" 18 a
 98693 Ilmenau

1.2 Betreiber

BHI GmbH
 Biomasse Heizkraftwerk Ilmenau
 Gewerbepark "Am Wald" 18 a
 98693 Ilmenau

Ansprechpartner

Herr Vogeler
 Tel. +49(3677)641310

Betreiber-/Arbeitsstätten-Nr.

nicht bekannt

1.3 Standort

BHI GmbH
 Biomasse Heizkraftwerk Ilmenau
 Gewerbepark "Am Wald" 18 a
 98693 Ilmenau
 Flur 9/10, Flurstücke 1257/1, 1274/1, 1258/1, 1259, 1303/2, 1400/45, 1400/49 und 1930/2

1.4 Anlage

Anlage zur Verwertung fester Abfälle mit brennbaren Bestandteilen durch thermische Verfahren, insbesondere Verbrennung

genehmigungsbedürftig gemäß BImSchG i. V. mit Nr. 8.1 und 8.2 des Anhangs 1 zur 4. BImSchV, in der Fassung der Bekanntmachung vom 31.05.2017 (BGBl. I, Nr. 33, S. 1440 vom 08.06.2017)

Anlagen-Nr.: 01

1.5 Messzeit (Datum)

Datum der Messung 10. – 12.11.2021
 Datum der letzten Messung 22. bis 24.09.2020
 Datum der nächsten Messung 2022

1.6 Anlass der Messung

wiederkehrende Messung zur Überprüfung der Einhaltung der Emissionsbegrenzungen

1.7 Aufgabenstellung

Messung gemäß nachstehendem Genehmigungsbescheid

Genehmigungsbehörde Thüringer Landesverwaltungsamt Weimar
 Genehmigungsbescheid Az.: 76/01 und 76/01/N vom 26.03.2003
 Überwachungsbehörde Landratsamt Ilmkreis

Emissionsbegrenzungen gemäß Ziffer 2.2 des o. g. Genehmigungsbescheids:

Buchstabe	Schadstoff	Tagesmittelwert in mg/Nm ³	Halbstundenwert in mg/Nm ³
a)	Gesamtstaub	5	20
b)	Kohlenmonoxid	50	100
c)	Gesamtkohlenstoff	10	20
d)	Chlorwasserstoff	10	60
e)	Fluorwasserstoff ¹⁾	1	4
f)	Schwefeldioxid	50	200
g)	Stickstoffdioxid	150	400
h)	Quecksilber ²⁾	0,03	0,05
i)	Cd, Tl	--	0,05
j)	Sb....Sn (17.BImSchV)	--	0,5
k)	As, Benzo(a)pyren, Cd, Co, Cr	--	0,05
l)	Ammoniak	10	15
m)	Cyanwasserstoff	--	15 g/h
n)	PCDD/F + dl-PCB (gemäß 17. BImSchV, Anlage 2)	0,1 ng I-TEq/Nm³	--
Sauerstoff- Bezugswert		11,0 Vol.-%	11,0 Vol.-%

¹⁾ Auf die kontinuierliche Messung kann verzichtet werden, wenn die Grenzwerteinhaltung (< 60 %) sicher nachgewiesen wurde.

²⁾ Auf die kontinuierliche Messung von Quecksilber kann verzichtet werden, wenn die Messergebnisse unter 20 % des Grenzwertes liegen.

Die **hervorgehobenen** Komponenten werden über Einzelmessungen bestimmt. Die Komponenten a), b), c), d), f) und g) werden kontinuierlich seitens des Betreibers überwacht.

Die Angaben beziehen sich auf trockenes Abgas im Normzustand (1013 hPa, 273 K) und den angegebenen Bezugssauerstoffgehalt.

1.8 Messobjekte

Abgasrandbedingungen	Sauerstoff O ₂ , Kohlendioxid CO ₂ , Temperatur, Druck, Feuchte, Volumenstrom
gasförmige Emissionen	Fluorwasserstoff, Cyanwasserstoff, Distickstoffdioxid, Quecksilber
partikelförmige Emissionen	staub- und gasförmige Schwermetalle nach 17. BImSchV (Cd, Tl, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)
Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe	PCDD/F + dl-PCB (gemäß 17. BImSchV, Anlage 2), Benzo(a)pyren

1.9 Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

keine Ortsbesichtigung durchgeführt

da mit den vorherigen Messungen an dieser Anlage befasst

Messbedingungen entsprechend DIN EN 15259

vorgefunden

nicht vorgefunden (Maßnahmen siehe Abschnitt 3)

1.10 Messplanabstimmung

Die Messplanung wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt und dem Landratsamt Ilmenau, der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie und dem Auftraggeber am 13.10.2021 in Form eines Kurzmessplanes übermittelt.

1.11 An den Arbeiten beteiligte Personen

Dipl.-Ing. (FH) Frank Ellner-Schuberth

M. Eng. Maximilian Leitl

1.12 Beteiligung weiterer Institute

PCDD/F-, dl-PCB- und PAH-Analytik

mas münster analytical solutions gmbh
Technologiepark Münster
Wilhelm-Schickard-Str. 5
48149 Münster

1.13 Fachlich Verantwortlicher

Name	Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein
Telefon-Nr.	+49 (911)600445-0
E-Mail-Adresse	Frank.Stoeklein@mbbm.com

2 Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe

2.1 Art der Anlage

Anlage zur Verwertung fester Abfälle mit brennbaren Bestandteilen durch thermische Verfahren, insbesondere Verbrennung

genehmigungsbedürftige Anlage gemäß 8.1 und 8.2 des Anhangs 1 zur 4. BImSchV, in der Fassung der Bekanntmachung vom 31.05.2017 (BGBl. I, Nr. 33, S. 1440 vom 08.06.2017)

2.2 Beschreibung der Anlage

Die Firma Biomasseheizkraftwerk Ilmenau GmbH betreibt im Gewerbepark Am Wald 18a in Ilmenau eine Anlage zur Verwertung fester Abfälle mit brennbaren Bestandteilen durch thermische Verfahren, insbesondere Verbrennung.

In einem Kessel werden Hackschnitzel aus naturbelassenem Holz und Rinde sowie Altholz der Kategorien A I, A II, und A III als Brennstoffe eingesetzt. Als Brennstoff für die Zünd- und Zusatzfeuerung wird Erdgas verwendet.

Die Rauchgasreinigungsanlage besteht aus einer Harnstoffzugabe in der Nachbrennkammer, einem vorgeschalteten Zyklon, einer Kalk-Additiv-Zugabe und einem 4-Kammer-Gewebefilter.

Das gereinigte Abgas wird über einen 45 m über Grund hohen Kamin in die Atmosphäre emittiert.

Technische Daten des Dampferzeugers

Anlagenleistung	23,5 t/h bei 47 bar und 450 °C Dampfleistung
Hersteller	Fa. Bertsch GmbH – Österreich
Baujahr	2005
Hersteller-Nr.	12.351
zulässiger Betriebsüberdruck	55 bar
Heizfläche	2.255 m ²
Wasserinhalt	34.230 l
Kesselbauart	Eintrommel-Naturumlaufkessel
Beheizungsart	Rostfeuerung

Technische Daten des Stützbrenners/ Anfahrerbrenner

Hersteller	Fa. Weishaupt GmbH
Baujahr	2004
Bauart/ Ausführung	ZM-NR
Brennstoff	Erdgas
Typ	G 40/Z-A
Leistung	3.000 kW
Anzahl	2

2.3 Beschreibung der Emissionsquelle

Emissionsquelle	Kamin
Höhe über Grund	45 m
Austrittsfläche	1,27 m ²
Rechtswert/Hochwert	4425407/5618470
Bauausführung	freistehender einzügiger Stahlkamin

2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe

Hackschnitzel aus den folgenden Holz kategorien:

- naturbelassenes Holz oder Rinde aus der Land- und Forstwirtschaft
- Altholz der Kategorien A I, A II, und A III
- Erdgas als Brennstoff für die Zündfeuerung

2.5 Betriebszeiten

2.5.1 Gesamtbetriebszeit

max. 8.760 h/a, abzüglich Revisionszeiten

tägliche Betriebszeit 24 Stunden

wöchentliche Betriebszeit 7 Tage

2.5.2 Emissionszeit nach Betreiberangaben

wie Gesamtbetriebszeit

2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen

2.6.1 Einrichtung zur Erfassung der Emissionen

2.6.1.1 Anlage zur Emissionserfassung

Das Abgas folgender Anlagenteile wird durch festinstallierte Rohrleitungen über eine Filterentstaubung der Atmosphäre zugeführt:

- Kesselabsaugungen
- Nachverbrennung mit Stützfeuerung
- Harnstoffzugabe (SNCR- Anlage)
- Zyklon
- Kalkhydratzugabe
- Gewebefilter
- Abgasventilator
- Kamin

2.6.1.2 Erfassungselement

angeschweißte bzw. angeflanschte Abgaskanäle

2.6.1.3 Ventilator kenndaten

Fabrikat	Radialventilator
Typ	Scheuch-Vkd50 0900-hc 14
Druckdifferenz	10.830 Pa
Baujahr	2004
Volumenstrom	96.000 m ³ /min
Motorleistung	250 kW

2.6.1.4 Ansaugfläche

entfällt

2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen

Zyklonanlage

Hersteller:	Fa. SCHEUCH – Österreich
Baujahr:	2004
Type:	Zp 5 – 2000 links/rechts
Einzelzyklone:	1
Schaltung/Bauart:	parallel
Durchmesser (mm):	2.000
Druckdifferenz (Pa):	ca. 2.500
letzte Wartung:	04/2018
Abreinigung:	Schnecke und Zellradschleuse

SNCR-Anlage

Hersteller:	Fa. Mehldau & Steinfath
Baujahr:	2004
Type:	ohne
Zudosierung:	Harnstofflösung, ca. 45 Gew.% (NOxAMID45)
Zugabemenge:	30 – 40 Liter/h bei Volllast
Ort der Zugabe:	Nachbrennkammer

Gewebefilter

Hersteller:	Fa. SCHEUCH – Österreich
Baujahr:	2004
Bauart:	Mehrkammerfilter
Anzahl der Schläuche:	480
Filtermaterial:	PTFE-Nadelfilz/PTFE-Stützgewebe
Filterfläche:	1.400 m ²
Filterflächenbelastung:	1,14 m ³ /m ² x min
Abreinigung:	Druckluftimpulse
Abreinigungsrhythmus:	differenzdruckgesteuert
letzter Filterwechsel:	04/2018

Das Additivsilo ist mit einem Siloaufsatzfilter zur Verminderung der Emissionen ausgerüstet.

Gewebefilter

Hersteller:	Fa. SCHEUCH – Österreich
Fabrik-Nr.	F11114/04
Baujahr:	2004
Anzahl der Schläuche:	36
Filtermaterial:	PTFE-Nadelfilz/PTFE-Stützgewebe
Filterfläche:	19 m ²
Filterflächenbelastung:	78 m ³ /m ² x h
Abreinigung:	Druckluftimpulse
Abreinigungsrhythmus:	5 min.

Beim Betrieb des Siloaufsatzfilters wurden durch Müller-BBM keine Staubemissionen festgestellt. Der Filter ist in gutem Zustand.

2.6.3 Einrichtung zur Kühlung des Abgases

Es sind keine Einrichtungen zur Kühlung der Abgase installiert.

4 Mess- und Analysenverfahren, Geräte

4.1 Abgasrandbedingungen

4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

Messverfahren	Prandtl'sches Staurohr in Verbindung mit elektronischem Mikromanometer
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente pdyn
Erfassung	durch Netzmessungen sowie kontinuierlich in einem repräsentativen Messpunkt mit elektronischer Dokumentation

4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin

siehe Abschnitt 4.1.1	
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente pstat

4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

siehe Abschnitt 4.1.1 unter Verwendung eines Absolutdrucksensors	
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente patm

4.1.4 Abgastemperatur

Messverfahren	Thermospannung, NiCr-Ni-Thermoelement
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente T
Erfassung	kontinuierlich in einem repräsentativen Messpunkt mit elektronischer Dokumentation

4.1.5 Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)

Messverfahren	gravimetrische Differenzmethode
DIN EN 14790 (05 - 2017)	Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung von Wasserdampf in Kanälen – Standardreferenzverfahren
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1Z04
Probenahme	Partikelabscheidung/beheizte Probenahme/Kondensation mit gekühltem destilliertem Wasser und Adsorption an Silikagel/Gasprobennehmer
Probenahmesystem	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente H ₂ O
Waage	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente H ₂ O

4.1.6 Abgasdichte

berechnet unter Berücksichtigung der Abgasbestandteile an	Sauerstoff (O ₂), Kohlendioxid (CO ₂) Luftstickstoff (N ₂) Abgasfeuchte (Wasserdampfanteil im Abgas) sowie der Abgastemperatur und der Druckverhältnisse im Kanal
---	---

4.1.7 Abgasverdünnung

entfällt

4.2 Kontinuierliche Messverfahren

4.2.1 Messobjekte

Sauerstoff (O₂)

Kohlendioxid (CO₂)

Distickstoffmonoxid (N₂O)

4.2.2 Messverfahren

O₂ magnetische Suszeptibilität, DIN EN 14789 (05 - 2017)

CO₂ NDIR-Spektrometrie, in Anlehnung an DIN EN 15058 (05 - 2017)

N₂O NDIR-Spektrometrie, DIN EN 21258 (10 - 2010)

Müller-BBM-Prüfanweisungen 16-1A09 (CO₂, N₂O); 16-1A10 (O₂)

4.2.3 Analysatoren

O₂ (Hersteller/Typ/Nummer/...) siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente O₂

CO₂ (Hersteller/Typ/Nummer/...) siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente CO₂

N₂O (Hersteller/Typ/Nummer/...) siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente N₂O

4.2.4 Eingestellter Messbereich

O₂ 0... 25 Vol.-%

CO₂ 0... 20 Vol.-%

N₂O 0... 600 ppm

4.2.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde Edelstahl, beheizt auf Abgastemperatur, Länge 0,8 m

Partikelfilter Sintermetallfilter, außenliegend, beheizt auf 180 °C

Probegasleitung vor Gasaufbereitung Länge 10 m, PTFE-Leitung, beheizt auf 180 °C

Probegasleitung nach Gasaufbereitung Länge ca. 2 m, PTFE-Leitung, unbeheizt

Werkstoff der gasführenden Teile Edelstahl, PTFE

Messgasaufbereitung Messgaskühler

Bauart Kompressorkühler (Bauart M+C Products) mit Feinstaubfilter und Feuchteüberwachung

Temperatur geregelt auf 3 °C

Messgasdurchfluss 2 l/min

4.2.6 Überprüfung der Gerätekenlinie

Prüfgase Müller-BBM							Einhaltung	letzte
Komponente	Konzentration	Toleranz	Hersteller	Herstelldatum	Flaschen-Nr.	Stabilität	Garantiezeit	Überprüfung
N2O	96,0 ppm	± 2 %	Air Liquide	09.07.2021	D04195C	36 Monate	ja	
CO	100,1 ppm	± 2 %	Air Liquide	19.05.2020	D4NYG2R	36 Monate	ja	12.10.2020
NO	197,1 ppm	± 2 %				entfällt	ja	
CO2	16,0 Vol.%	± 2 %				entfällt	ja	

Nullgas	Stickstoff
Prüfgas O ₂	Umgebungsluft (20,95 Vol.-%)
Überprüfung des Zertifikates	mit DKD-zertifizierten Prüfgasen gemäß Müller-BBM Arbeitsanweisungen
Aufgabe durch das gesamte Probenahmesystem	ja

4.2.7 90 % Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

ca. 30 s (ermittelt durch druckfreie Aufgabe von Prüfgas an der Entnahmesonde)

4.2.8 Erfassung/Registrierung der Messwerte

Registrierung	kontinuierlich mit einem Datenerfassungs- und Auswertesystem
Hersteller/Typ	Kirsten Controlsystems GmbH, PC-gekoppelt mit 32-bit AD-Wandler
Software	Trendows

4.2.9 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Regelmäßige Durchführung von Funktionskontrollen nach DIN/EN 14181, Überprüfung der eingesetzten Prüfgase durch Vergleich mit DKD-zertifizierten Gasen, Qualitätssicherung nach DIN/EN 15058, 14792, 14789 (Unsicherheitsbilanz), regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen

QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM

Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung	druckfreie Prüfgasaufgabe an der Lanzenspitze Durchflusskontrolle
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.3 Diskontinuierliche Messverfahren

4.3.1 Gas- und dampfförmige Emissionen

4.3.1.1 Gasförmige anorganische Fluorverbindungen (angegeben als HF)

4.3.1.1.1 Messverfahren

VDI 2470, Blatt 1 (10 – 1975)	Messung gasförmiger Emissionen; Messen gasförmiger Fluorverbindungen; Absorptions-Verfahren
DIN CEN/TS 17340 (01 – 2021)	Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration fluorierte Verbindungen, angegeben als HF – Standardreferenzverfahren
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-2A02

4.3.1.1.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	Partikelabscheidung/beheizte Probenahme/zweistufige Absorption/Gasprobennehmer
Entnahmesonde	Titan, beheizt auf 180 °C, Länge 1,0 m, mit beheiztem Verteiler für weitere Messparameter
Partikelfilter	Quarzwatte gestopft in der Sondenöffnung, innenliegend, beheizt auf 180 °C Material: Quarzfaser
Probegasleitung	entfällt
Werkstoff der gasführenden Teile	Titan, Glas
Ab-/Adsorptionseinrichtung	zwei Muenke-Waschflaschen in Reihe, dritte Waschflasche als Tropfenfänger
Sorptionsmittel	0,1 n Natronlauge
Sorptionsmittelmenge	30 ml je Waschflasche
Probenahmesystem	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente HF
eingestellter Durchfluss	ca. 0,12 m ³ /h
Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement	ca. 1,2 m
Probentransfer	ungekühlt in 50-ml-PE-Gefäßen
Standzeit der Proben	max. 8 Tage (Analyse am 18.11.2021)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.3.1.1.3 Analytische Bestimmung

Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung des Fluoridgehaltes mittels ionensensitiver Elektrode
Aufarbeitung des Probenmaterials	Einstellung pH 5-6 mittels Salzsäure, Zugabe von Citratpufferlösung (pH 5,8)
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	Fluorid-Elektrode Mettler Toledo perfectION pH-Elektrode Mettler Toledo InLab Micro Pro-ISM
Standards	Natriumfluorid-Lösung, Standardkalibrierverfahren

4.3.1.1.4 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeit)	Einige Schwermetalle wie Cd, Zn, Ag, Ni, Cu, Fe und Hg komplexieren das Fluorid-Ion und können zu Minderbefunden führen.
absolute Bestimmungsgrenze	0,003 mg/Probe
relative Bestimmungsgrenze	0,06 mg/m ³ bei 0,05 Nm ³ Probegasvolumen
Analysenunsicherheit	2 % vom Messwert

4.3.1.1.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Doppelbestimmungen, Blindwertbestimmungen, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen	
QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM	
Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.3.1.2 Cyanwasserstoff (angegeben als HCN)**4.3.1.2.1 Messverfahren**

IFA 6725 (11 – 2012)	Absorptionsverfahren, Bestimmung des Cyanidgehaltes mittels ionensensitiver Elektrode
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1A13; 16-2A13

4.3.1.2.2 Messplatzaufbau

siehe Abschnitt 4.3.1.1.2	
Standzeit der Proben	max. 13 Tage (Analyse am 23.11.2021)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.3.1.2.3 Analytische Bestimmung

Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung des Cyanidgehaltes mittels ionensensitiver Elektrode
Aufarbeitung des Probenmaterials	nicht erforderlich, Analytik direkt aus der Probe
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	Cyanid-Elektrode WTW CN 500/ Referenzelektrode Methrom 6.0750.100
Standards	Kaliumzinkcyanid-Lösung, Standardkalibrierverfahren

4.3.1.2.4 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeit)	Sulfide (müssen vor der Analyse ausgefällt werden)
absolute Bestimmungsgrenze	0,003 mg/Probe
relative Bestimmungsgrenze	0,05 mg/m ³ bei 0,06 Nm ³ Probegasvolumen
Analysenunsicherheit	5 % vom Messwert

4.3.1.2.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Doppelbestimmungen, Blindwertbestimmungen, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen	
QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM	
Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.3.1.3 Quecksilber

4.3.1.3.1 Messverfahren

DIN EN 13211 (06 – 2001)
 DIN EN 13211 (06 – 2005)
 Berichtigung zu DIN EN 13211:2001-06

Emissionen aus stationären Quellen – Manuelles Verfahren zur Bestimmung der Gesamtquecksilber-Konzentration

DIN EN 1483 (08 – 1997)

Referenzverfahren AnalytikUV-Fotometrie

Müller-BBM-Prüfanweisungen

16-1D04; 16-2D04

4.3.1.3.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung

Partikelabscheidung/beheizte Probenahme/zweistufige Absorption/Gasprobennehmer

Durchführung der Probenahme

nicht isokinetisch, da Hg partikelförmig < 1 µg/m³
 Überprüfung mit Filter M132 = 0,03 µg/m³

Entnahmesonde

Titan, beheizt auf 180 °C, Länge 1,0 m, mit beheiztem Verteiler für weitere Messparameter

Partikelfilter

Planfilter im Filtergehäuse aus Titan, innenliegend, beheizt auf Abgastemperatur, Material: Quarzfaser

Probegasleitung

entfällt

Werkstoff der gasführenden Teile

Titan, Glas

Ab-/Adsorptionseinrichtung

zwei Muenke-Waschflaschen in Reihe, dritte Waschflasche als Tropfenfänger

Sorptionsmittel

schwefelsaure KMnO₄-Lösung

Sorptionsmittelmenge

30 ml je Waschflasche

Probenahmesystem

siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente Hg

eingestellter Durchfluss

ca. 0,12 m³/h

Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement

ca. 1,2 m

Probentransfer

Planfilter in Rundbehältern aus PE, Absorptionslösungen ungekühlt in 250-ml-Duranglas-Flaschen

Standzeit der Proben

max. 15 Tage (Analyse am 25.11.2021)

Beteiligung eines Fremdlabors

keine

4.3.1.3.3 Analytische Bestimmung

Beschreibung des Analysenverfahrens

Bestimmung des Hg-Gehaltes mittels UV-Fotometrie mit Mess- und Referenzstrahl zur Lampenregelung

Aufarbeitung der Filter

Mikrowellendruckaufschluss mit HNO₃/H₂O₂ und Flusssäure

Aufarbeitung der Absorptionslösungen

nach Entfärbung mit Hydroxylammoniumchlorid und Reduktion durch Zugabe von Zinn(II)-chloridlösung direkt zur Analyse

Analysengeräte (Typ/Hersteller)

Quecksilber-Analysator Typ RA-4300, Nippon Instruments Cooperation

Standards (Hg²⁺)

Quecksilberchlorid-Lösung, Standardkalibrierverfahren

4.3.1.3.4 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeit)

keine bekannt

absolute Bestimmungsgrenze	0,010 µg/Probe
relative Bestimmungsgrenze	0,2 µg/m ³ bei 0,05 Nm ³ (Absorptionslösung) 0,01 µg/m ³ bei 1 Nm ³ (Planfilter)
Analysenunsicherheit	4 % vom Messwert

4.3.1.3.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Doppelbestimmungen, Blindwertbestimmungen, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen	
QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM	
Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.3.2 Partikelförmige Emissionen

4.3.2.1 Staubinhalstoffe und an Staub adsorbierte chemische Verbindungen (Metalle, Halbmetalle und ihre Verbindungen) einschließlich filtergängiger Anteile

4.3.2.1.1 Messverfahren

DIN EN 14385 (05 – 2004)	Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Gesamtemission von As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti und V
VDI 2268, Blatt 1 – 4	Beschreibung des Aufschlussverfahrens
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1D03; 16-2D03
Durchführung der Probenahme	isokinetische Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumens aus dem Hauptvolumenstrom und Abscheidung des enthaltenen Staubes und filtergängiger Anteile durch Rückhaltesysteme

4.3.2.1.2 Messplatzaufbau

Probenahme nach dem Hauptstromverfahren

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	Absaugdüse, Partikelfilter, beheizte Lanze, 2-stufige Absorption, Kondensatgefäß mit Trockenturm, Pumpe mit Massendurchflussmesser und Temperaturfühler
Entnahmesonde	Titan, beheizt auf 180 °C, Länge 1,5 m, mit beheiztem Verteiler

Rückhaltesystem für partikelförmige Stoffe

Partikelfilter	Planfilter im Filtergehäuse aus Titan, innenliegend, beheizt auf Abgastemperatur, entgegen der Strömungsrichtung positioniert
Abscheidemedium (Typ/Durchmesser/Hersteller)	Quarzfaser-Planfilter / Typ MK 360 Blattdurchmesser 45 mm Munktell Filter AB, Schweden ohne organische Bindemittel, hohe Schwermetallreinheit

Rückhaltesystem für filtergängige Stoffe

Absorptionseinrichtung	zwei parallele Waschflaschenstraßen mit je 2 Impinger-Waschflaschen und einem Tropfenabscheider in Reihe
Sorptionsmittel	verdünnte HNO ₃ -Lösung mit H ₂ O ₂ -Zusatz

Sorptionsmittelmenge	40 ml je Impingerwaschflasche
Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement	ca. 1,7 m
Spüllösung	5-%ige HNO ₃ (zur Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Partikelfilter und von filtergängigen Anteilen zwischen Partikelfilter und erster Absorptionsstufe)
Probentransfer	Planfilter in Rundbehältern aus PE oder Polystyrol; Sonden-spüllösung und Absorptionslösungen ungekühlt in PE-Gefäßen
Probenahmesystem	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente SM
eingestellter Durchfluss	gemäß Isokinetik
Standzeit der Proben	max. 8 Tage (Analyse am 18.11.2021)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.3.2.1.3 Aufbereitung und Auswertung der Messfilter und der Absorptionslösungen

Messfilter (Aufarbeitung des Probenmaterials)	Mikrowellendruckaufschluss mit HNO ₃ /H ₂ O ₂ und Flusssäure
Absorptionslösung	Vereinigung der Absorptionslösungen (ohne weitere Probenaufbereitung) mit den Filteraufschlüssen und anschließende Vermessung der Proben (Hauptstromverfahren)
Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung von Schwermetallen mittels ICP und MS-Detektion
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	ICP-MS (Thermo / ICAP RQ)
Analysebedingungen	Hot Plasma (ca. 8.000 K)
Standard	6-Punkt-Kalibrierung der Analyten mit geeignetem, massen-abhängigem internen Standard (Rhodium, Scandium, Ruthenium, Germanium, Rhenium)

4.3.2.1.4 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeiten)	Da die Detektion der Elemente durch deren charakteristische Massen erfolgt, können Querempfindlichkeiten weitgehend ausgeschlossen werden.
absolute Bestimmungsgrenze	Cd/Tl: 0,0005 mg/l weitere Elemente 0,005 mg/l
relative Bestimmungsgrenze	Cd/Tl: 0,025 µg/m ³ weitere Elemente: 0,25 µg/m ³ bei 50 ml Aufschlusslösung und 1 m ³ Probegasvolumen bzw. Cd/Tl: 0,1 µg/m ³ weitere Elemente: 1,0 µg/m ³ bei 100 ml Absorptionslösung und 1 m ³ Probegasvolumen
Analysenunsicherheit	1,75 % (bestimmt aus Kontrollstandards und Doppelbestimmungen)

4.3.2.1.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Blindwertbestimmungen

Element	Absorptionslösung A	Absorptionslösung B
Cd	< 0,0005 mg/l	< 0,0005 mg/l
Tl	< 0,0005 mg/l	< 0,0005 mg/l

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\158M\158037M\158037_10_BER_1D.DOCX:14.01.2022

Sb	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
As	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Pb	0,053 mg/l	0,030 mg/l
Cr	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Co	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Cu	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Mn	0,015 mg/l	0,010 mg/l
Ni	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
V	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Sn	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l

Doppelbestimmungen, Blindwertbestimmungen, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen

QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM

Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung Durchflusskontrolle
 Unterdruckprüfung

Messunsicherheit siehe 6.3

4.3.3 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe

4.3.3.1 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF) und dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB)

4.3.3.1.1 Messverfahren

DIN EN 1948-1 (06 – 2006)	Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 1: Probenahme von PCDD/PCDF
DIN EN 1948-4 (03-2014)	Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 4: Probenahme und Analyse dioxin-ähnlicher PCB
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1M01; Variante A
Durchführung der Probenahme	Probenahme mit gekühltem Absaugrohr; isokinetische Absaugung eines Teilstromes; Abkühlung des Abgases und Kondensation der Abgasfeuchte; Abscheidung von Aerosolen und Partikeln auf einem Planfilter und Adsorption organischer Verbindungen an XAD

4.3.3.1.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	wasserkühlbare Sonde; Kondensatgefäß; ggf. Tropfenabscheider; XAD-Kartusche; Pumpe; Gasuhr mit Temperaturfühler
Entnahmesonde	wassergekühlte Titansonde mit auswechselbarem Duranglas- bzw. Quarzglasrohr, Länge 2,0 m
Partikelfilter	Quarzfaserplanfilter vor der letzten Adsorptionsstufe
Absorptionseinrichtung	Kondensatgefäß mit Tauchrohr (1 ... 3 Liter), und nachgeschalteter Kartusche mit Feststoffadsorbens

\\IS-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14.01.2022

Sorptionsmittel und -menge	mindestens 30 g gereinigtes XAD-2, dotiert mit ¹³ C ₁₂ -markiertem PCDD/F- und PCB-Probenahmestandard gemäß EN 1948-1 und -4
Probenahmesystem	siehe Anlage 1, Prüfmittelkatalog, Messkomponente PCDD/F
eingestellter Durchfluss	gemäß Isokinetik
Abstand zwischen Ansaugöffnung der Entnahmesonde und dem Sorptionsmittel	ca. 2,2 m

4.3.3.1.3 Probenahme und Nachbehandlung

Nachbehandlung	Auskochen bzw. Spülen der Probenahmeapparatur mit destilliertem H ₂ O, Toluol und Aceton
Probentransfer	lichtgeschützt, Kondensat und Spüllösung in Braunglasflaschen
Zeitraum zwischen Probenahme und Probenaufbereitung	max. 7 Tage
Zeitraum der Analyse	16.11. – 03.12.2021
Beteiligung eines Fremdlabors	mas münster analytical solutions gmbh, 48149 Münster

4.3.3.1.4 Analytische Bestimmung

Richtlinie	DIN EN 1948-2/-3/-4 (06 – 2006/06 – 2006/03-2014)
Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung der PCDD-/PCDF- und dl-PCB-Gehalte mittels hochauflösender HRGC/HRMS
Aufarbeitung des Probenmaterials	Extraktion der festen Phasen (XAD-2 nach Trocknung, Quarzwatte und Planfilter nach HCl-Behandlung und Trocknung) mit Toluol/Aceton; nach Zugabe von ¹³ C ₁₂ -markierten PCDD-/PCDF- und PCB-Extraktionsstandards, Ausschütteln der flüssigen Phase mit Toluol; Trocknen und Einengen der vereinigten Toluollösungen; säulenchromatographische Reinigung unter Trennung von PCDD/F und PCB; Zugabe von ¹³ C ₁₂ -markierten PCDD/F und PCB Wiederfindungsstandards zu den Messlösungen und Einengen auf geeignete Endvolumina
Auswertung	Getrennte Analyse der PCDD/F und PCB; jeweils Injektion am GC, Analyse mittels HRMS, Auswertung nach Retentionszeiten und Isotopenverhältnis-Vergleich, Angabe der PCDD/F und dl-PCB als Konzentrationswerte und daraus berechnete Toxische Äquivalente (WHO-TEQ 2005), berechnet gemäß EN 1948 und 17. BImSchV
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	Kaltaufgabesystem (Thermo Scientific PTV) Gaschromatograph (Thermo Scientific Trace GC Ultra) Massenspektrometer (Thermo Scientific DFS oder MAT 95 XP)
Trennsäulen	60 m DB-5 MS/ggf. 60 m RTX 2330
Standards	¹³ C ₁₂ -Standards gemäß EN1948

4.3.3.1.5 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeiten)	wird durch Probenaufbereitung minimiert
Bestimmungsgrenze bei 10 m ³ Probenahmenvolumen	0,0001 ng/m ³ für 2,3,7,8-TetraCDD und 0,0025 ng/m ³ für das PCB 126 bei den vorliegenden Probenahmerandbedingungen und der verwendeten Analytik

relative erweiterte Messunsicherheit

Die Messunsicherheiten für die o. g. analytischen Verfahren wurden nach DIN ISO 11352_2013-03 abgeleitet. Sie stellen jeweils die erweiterte Unsicherheit dar und wurden mit einem Erweiterungsfaktor von $k = 2$ erhalten. Dies entspricht einem Vertrauensniveau von ungefähr 95 %.

PCDD/F (I-TEQ):	23,9 %
PCDD/F (WHO2005-TEQ):	23,5 %
PCB (WHO2005-TEQ):	28,6 %
PCDD/F-PCB (WHO2005-TEQ):	37,0 %

4.3.3.1.6 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Blindwertbestimmungen und Bestimmung von Wiederfindungsraten durch Standardzugabe

QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM

Akkreditierung des Labors, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen für die o. g. Parameter

Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung Durchflusskontrolle

Messunsicherheit siehe 6.3

Nachfolgend werden die Wiederfindungsraten (nach DIN EN 1948) der internen PCDD/F- und PCB-Standards aufgeführt, mit welchen die XAD-Adsorptionsstufe gespickt wurde. Bei korrekter Probenahme müssen die Wiederfindungsraten größer 50 % liegen, andernfalls sind die Proben zu verwerfen.

PCDD/F-Wiederfindungsraten

Messung (Datum/Uhrzeit) Standard	10.11.2021 11:22-17:22	11.11.2021 09:00-15:00	12.11.2021 07:00-13:00	Blindwert
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	86 %	84 %	87 %	80 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	99 %	101 %	103 %	99 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	95 %	95 %	101 %	89 %

PCB-Wiederfindungsraten

Messung (Datum/Uhrzeit) Standard	10.11.2021 11:22-17:22	11.11.2021 09:00-15:00	12.11.2021 07:00-13:00	Blindwert
¹³ C ₁₂ -PCB 60	114 %	108 %	111 %	114 %
¹³ C ₁₂ -PCB 127	84 %	80 %	86 %	73 %
¹³ C ₁₂ -PCB 159	105 %	98 %	97 %	90 %

4.3.3.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

4.3.3.2.1 Messverfahren

DIN EN 1948-1 (06 – 2006)

Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 1: Probenahme von PCDD/PCDF

VDI 3874 (12 – 2006)

Messen von Emissionen - Messen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) - GC/MS-Verfahren

MAS_PA016 (09-2016)

Bestimmung der Massenkonzentration von PAK sowie Dibenzofuran und Dibenzodioxin in Emissionsproben

Müller-BBM-Prüfanweisungen

16-2I01

4.3.3.2 Messplatzaufbau

siehe Abschnitt 4.3.3.1.2

4.3.3.2.3 Probenahme und Nachbehandlung

Nachbehandlung	Auskochen bzw. Spülen der Probenahmeapparatur mit destilliertem H ₂ O, Toluol und Aceton
Probentransfer	lichtgeschützt, Kondensat und Spüllösung in Braunglasflaschen
Zeitraum zwischen Probenahme und Probenaufbereitung	max. 7 Tage
Zeitraum der Analyse	16.11. – 03.12.2021
Beteiligung eines Fremdlabors	mas münster analytical solutions gmbh, 48149 Münster (Probenaufbereitung, Extraktion und Analytik)

4.3.3.2.4 Analytische Bestimmung

Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung des PAK-Gehaltes mittels niedrigauflösender GC/LRMS
Aufarbeitung des Probenmaterials	Ein Teil des Toluol-Extraktes (i.d.R. 10 %) der Probe wird nach Zugabe von internen deuterierten Standards an Kieselgel gereinigt. Zugabe eines weiteren deuterierten PAK als Wiederfindungsstandard und Einengen auf das geeignete Endvolumen
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	Thermo Scientific/DSQ (GC/LRMS)
Trennsäulen	DB-5MS (60 m; 0,25 mm ID; 0,25 µm Filmdicke)
Standards	Lösung der 16 PAK als Kalibrierstandard Lösung der 16 PAK deuteriert als interner Standard

4.3.3.2.5 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeiten)

wird durch Probenaufbereitung minimiert
Die Methode ist hochselektiv, bei einigen PAK treten jedoch Co-Elutionen auf.

Bestimmungsgrenze bei 10 m³ Probenahmeverolumen

für Benzo(a)pyren i.d.R. bei 0,001 µg/m³ (Phenanthren 0,005 µg/m³, Naphthalin 0,1 µg/m³)

relative erweiterte Messunsicherheit

Die Messunsicherheiten für die o. g. analytischen Verfahren wurden nach DIN ISO 11352_2013-03 abgeleitet. Sie stellen jeweils die erweiterte Unsicherheit dar und wurden mit einem Erweiterungsfaktor von k=2 erhalten. Dies entspricht einem Vertrauensniveau von ungefähr 95 %.

Benzo(a)pyren: 24,0 %

16 EPA-PAK: 20,8 %

4.3.3.2.6 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Blindwertbestimmungen und Bestimmung von Wiederfindungsraten durch Standardzugabe

QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM

Akkreditierung des Labors, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen für die o. g. Parameter

Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung

Durchflusskontrolle

Messunsicherheit

siehe 6.3

4.3.4 Geruchsemissionen

entfällt

5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Datenbasis: Betreiberangaben und Erhebungen durch Müller-BBM

5.1 Produktionsanlage

Datum		10.11.2021	11.11.2021	12.11.2021
Messzeitraum	Uhrzeit	08:00 – 17:30	08:00 – 15:00	06:00 – 13.00
Betriebsart		Volllast	Volllast	Volllast
Lastfall	%	95 – 106	95 – 106	95 - 106
Feuerraumtemperatur	°C	1190	1210	1225
Dampfmenge	t/h	23 – 25	23 – 25	23 - 25
Erdgasverbrauch Brenner	m³/h	0	0	0
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		Nein	Nein	Nein
besondere Vorkommnisse		Nein	Nein	Nein

5.2 Abgasreinigungsanlagen

Gewebefilter

Datum		10.11.2021	11.11.2021	12.11.2021
Messzeitraum	Uhrzeit	08:00 – 17:30	08:00 – 15:00	06:00 – 13.00
Betriebsart		Normal	Normal	Normal
Filterdruck	mbar	16,5	16,5	16,5
Austragtemperatur	°C	119	120	120
letzte Wartung		10/2021	10/2021	10/2021

Additivzugaben

Datum		10.11.2021	11.11.2021	12.11.2021
Messzeitraum	Uhrzeit	08:00 – 17:30	08:00 – 15:00	06:00 – 13.00
Kalkzugabe	%	0 – 15	0 – 15	0 - 15
Harnstoffzugabe	l/h	15	15	15

Abweichungen von genehmigter bzw.
bestimmungsgemäßer Betriebsweise keine

besondere Vorkommnisse keine

6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen

Zum Zeitpunkt der Messungen wurde die Anlage bestimmungsgemäß betrieben. Die Durchführung der Messungen erfolgte bei den unter Abschnitt 5.1 aufgeführten Betriebsgrößen. Pausenzeiten blieben unberücksichtigt. Unter diesen Bedingungen lag zum Messzeitpunkt sowohl eine repräsentative wie auch eine maximale Auslastung der Anlage vor.

Die Vorgabe der Ziffer 5.3.2.2 TA Luft nach Betriebsbedingungen mit höchster Emission war erfüllt.

6.2 Messergebnisse

Nachfolgend werden die wichtigsten Messergebnisse zusammengefasst. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Konzentrationen auf das trockene Abgas im Normzustand (273 K, 1013 hPa) und einen Bezugssauerstoffgehalt von 5 Vol.-%.

Bei den Summenbildungen bleiben Einzelstoffe (Metalle, PCDD/F- und dl-PCB-Kongenere, Benzo(a)pyren), deren Konzentrationen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, unberücksichtigt (für den Fall, dass alle in der Summe enthaltenen Einzelkomponenten unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, ergibt sich demzufolge für den Summenwert der Zahlenwert „Null“).

Tabelle 6.2.1. Messergebnisse Abgasrandbedingungen.

Datum	Zeit	P hPa	v m/s	T °C	H ₂ O Vol. %	O ₂ Vol. %	dV/dt, Betrieb m ³ /h	dV/dt, N,f m ³ /h,N,f	dV/dt, N,tr m ³ /h,N,tr
10.11.2021	08:40-08:50	956,3	13,5	125,0	14,6	8,3	61636	39909	34082
11.11.2021	08:15-08:35	954,4	12,9	124	13,7	8,2	58877	38142	32917
12.11.2021	06:20-06:30	958,5	13,2	125	13,7	8,3	60217	39080	33726
P	Druck			T	Temperatur		O ₂	Sauerstoff	
v	Strömungsgeschwindigkeit			H ₂ O	Abgasfeuchte		dV/dt	Volumenstrom	

Tabelle 6.2.2. Messergebnisse kontinuierliche Messparameter.

Komponente		N ₂ O							
Nr	Datum	Zeit	N ₂ O mg/m ³	O ₂ Vol. %	N ₂ O 1) mg/m ³ ,N	N ₂ O 1)3) mg/m ³ ,N	Up 2)3) mg/m ³ ,N	N ₂ O 3) kg/h	Up 2)3) kg/h
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,7	8,5	0,5	< 3,0	8,4	< 0,12	0,3
2	10.11.2021	14:13-14:43	2,7	8,2	2,1	< 3,0	21,2	< 0,13	0,9
3	11.11.2021	09:50-10:20	2,9	8,2	2,3	< 3,0	23,1	< 0,12	0,9
4	11.11.2021	11:03-11:33	3,1	8,2	2,4	< 3,0	24,6	< 0,12	1,0
5	12.11.2021	09:43-10:13	0,0	8,3	0,0	< 3,0	6,5	< 0,12	0,2
6	12.11.2021	10:41-11:11	0,0	8,4	0,0	< 3,0	6,6	< 0,12	0,2
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							0,00		0,00
Maximalwert							0,00		0,00
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0		0
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							25		0
Grenzwert							-		-

1) bezogen auf 11 Vol. % O₂

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Tabelle 6.2.3. Messergebnisse diskontinuierliche Messparameter.

Komponente		HCN									
Nr	Datum	Zeit	HCN		Volumen m³N	HCN		Up		HCN	
			mg/Probe	Vol. %		1) mg/m³,N	1)3) mg/m³,N	2)3) mg/m³,N	3) g/h	Up 2)3) g/h	
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,00	8,5	0,046	0,06	0,06	0,02		2,7	0,9
2	10.11.2021	14:13-14:43	0,00	8,2	0,052	0,04	< 0,05	0,01		< 2,18	0,7
3	11.11.2021	09:50-10:20	0,00	8,2	0,050	0,06	0,05	0,01		2,3	0,8
4	11.11.2021	11:03-11:33	0,00	8,2	0,053	0,07	0,07	0,02		3,0	0,9
5	12.11.2021	09:43-10:13	0,01	8,3	0,059	0,13	0,1	0,03		5,7	1,5
6	12.11.2021	10:41-11:11	0,01	8,4	0,056	0,16	0,1	0,04		6,9	1,7
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)						0,08				3,4	
Maximalwert						0,1				6,9	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit						0				5	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit						0				9	
Grenzwert						-				15	

1) bezogen auf 11 Vol.% O₂

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Komponente		HF									
Nr	Datum	Zeit	HF		Volumen m³N	HF		Up		HF	
			mg/Probe	Vol. %		1) mg/m³,N	1)3) mg/m³,N	2)3) mg/m³,N	3) g/h	Up 2)3) g/h	
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,00	8,5	0,046	0,00	< 0,05	0,01		< 1,70	0,3
2	10.11.2021	14:13-14:43	0,00	8,2	0,052	0,00	< 0,05	0,01		< 1,70	0,3
3	11.11.2021	09:50-10:20	0,00	8,2	0,050	0,00	< 0,05	0,01		< 1,64	0,3
4	11.11.2021	11:03-11:33	0,00	8,2	0,053	0,00	< 0,05	0,01		< 1,64	0,3
5	12.11.2021	09:43-10:13	0,00	8,3	0,059	0,00	< 0,05	0,01		< 1,68	0,3
6	12.11.2021	10:41-11:11	0,00	8,4	0,056	0,00	< 0,05	0,01		< 1,68	0,3
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)						0,00				0,00	
Maximalwert						0,00				0,00	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit						0				0	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit						0				0	
Grenzwert						1				-	

1) bezogen auf 11 Vol.% O₂ nur bei Überschreitung des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol.% O₂

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Komponente		Hg									
Nr	Datum	Zeit	Hg		Volumen m³N	Hg		Up		Hg	
			µg/Probe	Vol. %		1) µg/m³,N	1)3) mg/m³,N	2)3) mg/m³,N	3) mg/h	Up 2)3) mg/h	
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,06	8,5	0,050	1,25	0,001	0,0001		42,7	6,3
2	10.11.2021	14:13-14:43	0,01	8,2	0,054	0,27	0,0002	0,0000		9,1	2,0
3	11.11.2021	09:50-10:20	0,00	8,2	0,052	0,00	< 0,0002	0,0000		< 6,58	1,3
4	11.11.2021	11:03-11:33	0,01	8,2	0,049	0,20	0,0002	0,0000		6,6	1,6
5	12.11.2021	09:43-10:13	0,00	8,3	0,061	0,00	< 0,0002	0,0000		< 6,74	1,3
6	12.11.2021	10:41-11:11	0,02	8,4	0,058	0,26	0,0002	0,0000		8,7	2,0
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)						0,0003				11,2	
Maximalwert						0,001				42,7	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit						0,00				36	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit						0,00				49	
Grenzwert						0,03				-	

1) bezogen auf 11 Vol.% O₂ nur bei Überschreitung des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol.% O₂

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Tabelle 6.2.4. Messergebnisse partikelförmige Messparameter.

Komponente Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV													
Nr	Datum	Zeit	Summe	O ₂	Volumen	Düse	Absaug- fehler	Summe	Summe	Up	Summe	Up	
			nach Anlage 1 a					nach Anlage 1 1)			nach Anlage 1 a		
			µg/Probe	Vol. %	m ³ N	mm	%	µg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	g/h	g/h	
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,04	8,5	0,547	8	-19	0,07	0,0000	0,0000	0,002	0,000	
2	11.11.2021	09:50-10:20	0,75	8,2	0,662	8	2	1,13	0,001	0,0001	0,03	0,005	
3	12.11.2021	10:41-11:11	0,04	8,4	0,687	8	3	0,05	0,0000	0,0000	0,001	0,000	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,0004		0,01		
Maximalwert									0,001		0,03		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,00		0,0		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,00		0,0		
Grenzwert									0,05		-		

1) bezogen auf 11 Vol.% O₂ nur bei Überschreitung des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol.% O₂
 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Komponente Schwermetalle (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 b der 17. BImSchV													
Nr	Datum	Zeit	Summe	O ₂	Volumen	Düse	Absaug- fehler	Summe	Summe	Up	Summe	Up	
			nach Anlage 1 b					nach Anlage 1 1)			nach Anlage 1 b		
			µg/Probe	Vol. %	m ³ N	mm	%	µg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	g/h	g/h	
1	10.11.2021	12:20-12:50	5,03	8,5	0,547	8	-19	9,20	0,009	0,000	0,31	0,03	
2	11.11.2021	09:50-10:20	104,61	8,2	0,662	8	2	158,05	0,15	0,01	5,20	0,53	
3	12.11.2021	10:41-11:11	5,03	8,4	0,687	8	3	7,33	0,007	0,000	0,24	0,02	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,05		1,92		
Maximalwert									0,15		5,20		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,1		4,7		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,2		5,7		
Grenzwert									0,5		-		

1) bezogen auf 11 Vol.% O₂ nur bei Überschreitung des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol.% O₂
 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Komponente Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV													
Nr	Datum	Zeit	Summe	O ₂	Volumen	Düse	Absaug- fehler	Summe	Summe	Up	Summe	Up	
			nach Anlage 1 c					nach Anlage 1 1)			nach Anlage 1 c		
			µg/Probe	Vol. %	m ³ N	mm	%	µg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	g/h	g/h	
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,04	8,5	0,547	8	-19	0,07	0,0000	0,0000	0,002	0,000	
2	11.11.2021	09:50-10:20	5,96	8,2	0,662	8	2	9,01	0,009	0,0009	0,29	0,03	
3	12.11.2021	10:41-11:11	0,04	8,4	0,687	8	3	0,05	0,0000	0,0000	0,001	0,000	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,003		0,10		
Maximalwert									0,009		0,29		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,01		0,3		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,01		0,3		
Grenzwert									0,05		-		

1) bezogen auf 11 Vol.% O₂ nur bei Überschreitung des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol.% O₂
 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Anmerkung: Im Zuge der ersten Probe stellte sich ein Absaugfehler von -19 % ein. Im Hinblick auf die nach einem Gewebefilter zu erwartende sehr geringe Partikelgröße ist die Abweichung von der Isokinetik als irrelevant einzustufen. Aus diesem Grund wurde auf eine Wiederholung der Probe verzichtet.

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Tabelle 6.2.5. Messergebnisse besondere hochtoxische Messparameter.

Komponente		PCDD/F + dl-PCB												
Nr	Datum	Zeit	WHO-TEQ	O ₂	Volumen m ³ N	Düse mm	Absaug- fehler %	WHO-TEQ	WHO-TEQ	Up 2)3)	WHO-TEQ	Up 2)3)		
			ng/Probe	Vol.%				1)	1)3)		3)			
			ng/m ³ ,N	ng/m ³ ,N				ng/m ³ ,N	ng/m ³ ,N	ng/m ³ ,N	mg/h	mg/h		
1	10.11.2021	11:22-17:22	0,002	8,6	8,627	8	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
2	11.11.2021	09:00-15:00	0,015	8,7	8,682	8	11	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000		
3	12.11.2021	07:00-13:00	0,032	8,7	8,525	8	7	0,004	0,003	0,003	0,000	0,000		
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,001	0,000	0,000	0,000		
Maximalwert									0,003	0,000	0,000	0,000		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,0	0,0	0,0	0,0		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,0	0,0	0,0	0,0		
Grenzwert									0,1			-		

1) bezogen auf 11 Vol.% O₂ nur bei Überschreitung des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol.% O₂

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

6.3 Messunsicherheiten

Die Messunsicherheiten wurden entsprechend der Müller-BBM-Prüfanweisung PA16-1Z06, basierend auf der Richtlinie VDI 4219, mittels indirekten Ansatzes berechnet.

Als Grundlage des Berechnungsverfahrens dient das Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß. Die Messunsicherheiten sind für den Maximalwert in den nachfolgenden Ergebnistabellen aufgeführt.

Tabelle 6.3.1. Messunsicherheit Massenkonzentration.

Komponente	Einheit	Y _{max}	U _P	Y _{max} -U _P *)	Y _{max} +U _P *)	Bestimmungsmethode		
N ₂ O	mg/m ³ ,N	0,00	24,6	0	25	indirekt		
HF	mg/m ³ ,N	0,00	0,2	0	0	indirekt		
Hg	mg/m ³ ,N	0,0000	0,0004	0,00	0,00	indirekt		
HCN	mg/m ³ ,N	0,1	0,04	0	0	indirekt		
PCDD/F + dl-PCB	WHO-TEQ	1)	0,003	0,003	0,0	0,0	indirekt	
Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 a		mg/m ³ ,N	0,001	0,0001	0,00	0,00	indirekt
Schwermetalle (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 b der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 b		mg/m ³ ,N	0,15	0,01	0,1	0,2	indirekt
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 c		mg/m ³ ,N	0,009	0,0009	0,01	0,01	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
 1) Fremdanalytik (siehe 1.12)
 Y_{max}: maximaler Messwert
 U_P: Messunsicherheit

Tabelle 6.3.2. Messunsicherheit Massenstrom.

Komponente	Einheit	Y _{max}	U _P	Y _{max} -U _P *)	Y _{max} +U _P *)	Bestimmungsmethode		
N ₂ O	kg/h	0,00	0,3	0	0	indirekt		
HF	g/h	0,00	6,8	0	7	indirekt		
Hg	mg/h	0,00	13,9	0	14	indirekt		
HCN	g/h	6,9	1,7	5	9	indirekt		
PCDD/F + dl-PCB	WHO-TEQ	1)	mg/h	0,000	0,000	0,0	0,0	indirekt
Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 a		g/h	0,03	0,005	0,0	0,0	indirekt
Schwermetalle (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 b der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 b		g/h	5,20	0,53	4,7	5,7	indirekt
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	Summe nach Anlage 1 c		g/h	0,29	0,03	0,3	0,3	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
 1) Fremdanalytik (siehe 1.12)
 Y_{max}: maximaler Messwert
 U_P: Messunsicherheit

6.4 Plausibilitätsprüfung

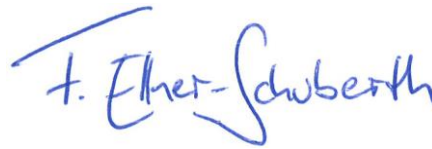
Durch die Einhaltung der erforderlichen Verbrennungstemperaturen und den Betrieb offensichtlich funktionsfähiger Abgasreinigungsanlagen (vgl. Abschnitte 5.1 und 5.2) wurden Messergebnisse ermittelt, wie sie unter vergleichbaren Bedingungen zu erwarten waren und auch an anderen Anlagen dieser oder ähnlicher Bauart gemessen wurden. Die Ergebnisse sind daher insgesamt als plausibel einzustufen.

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14.01.2022

Für den Inhalt des Berichtes zeichnen verantwortlich:



M. Eng. Maximilian Leitl
Berichterstellung
Telefon +49(3643)81189-18



Dipl.-Ing. (FH) Frank Ellner-Schuberth
Projektleitung/Qualitätssicherung
Telefon +49(911)600445-15



Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein
Fachlich Verantwortlich
Telefon +49(911)600445-0

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14119-01-01
D-PL-14119-01-02
D-PL-14119-01-03
D-PL-14119-01-04

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt nur für den in der
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

7 Anlagen

Anlage 1: Prüfmittelkatalog

Anlage 2: Messplan

Anlage 3: Mess- und Rechenwerte

Anlage 4: Graphische Darstellung des Verlaufs kontinuierlich gemessener Komponenten

Anlage 1: Prüfmittelkatalog

Messkomponente	Prüfmittel-Nr.	Hersteller	Typ	letzte Überprüfung	Prüf- intervall	Eignungsbekanntgabe / Prüfbericht
pdyn/pstat/patm	10580	Greisinger	GHM 3156	07. 2021	12 Monate	
T	11086	Greisinger	GMH 3210	07. 2021	12 Monate	
PCDDF	9339	Müller-BBM	Iso1.1	02. 2021	12 Monate	
SM	12170	Müller-BBM	Iso1.1	02. 2021	12 Monate	
HF/HCN	11394	Itron	G1,6	05. 2021	12 Monate	
Hg	10951	Itron	G1,6	12. 2020	12 Monate	
N ₂ O	7969	ABB	EL 3020	03. 2021	12 Monate	BAnz. 2006, Nr. 194 ,S. 6715 vom 12.09.2006; TÜV Süddeutschland, Berichtsnummer 6913
O ₂ , CO ₂	11549	Horiba	PG-350 EDR	02. 2021	12 Monate	BAnz. AT 2013, Heft B10, S. 7; BAnz. AT 2017, Heft B12, S. 13 TÜV Rheinland, Berichtsnummer 936/21217617/A vom 05.10.2012

Anlage 2: Messplan

Die Messungen wurden wie folgt durchgeführt:

- Es werden mindestens 3 Einzelmessungen bei maximaler Anlagenauslastung durchgeführt.
- Die Messzeit je Einzelmessung beträgt gemäß TA Luft i. d. R. 30 Minuten.
- Die erforderlichen Abgasrandparameter (Abgastemperatur, Feuchte, statischer und dynamischer Druck) werden durch Messung bestimmt.
- Es werden die vorhandenen Messstutzen zur Durchführung der Messungen genutzt.
- Die Messungen erfolgen an den nach Richtlinie DIN EN 15259 bestimmten Messpunkten.
- Die entsprechenden Angaben zu den Betriebszuständen werden durch den Betreiber zur Verfügung gestellt.
- Die Messergebnisse werden unter Bezug auf die Betriebsbedingungen dargestellt; es wird ein zusammenfassender Bericht entsprechend DIN EN 15259 angefertigt.
- Geplanter Messtermin: 10.-12.11.2021
- Messtermin: 10.-12.11.2021

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14.01.2022

Anlage 3: Mess- und Rechenwerte

Tabelle 7.3.1. Mess- und Rechenwerte Abgasrandbedingungen/Strömungsprofil.

Projekt-Nr.	M158037		
Betreiber	BHI		
Anlage	HKW		
Messstelle	Rein		
Brennstoff	Holzbrennstoffe		
Betriebszustand	Nennlast	WAF Pos. 10.4, EN16911-1	1,000
Datum	10.11.2021	Faktor Staudrucksonde	1,000
Luftdruck	hPa 957,0	O ₂ -Konzentration	Vol.% 8,3
statischer Druck	hPa -0,7	CO ₂ -Konzentration	Vol.% 12,1
Kanalform	kreisförmig	Abgastemperatur	°C 125,0
Kanaldurchmesser	m 1,272	Abgasfeuchte	Vol.% 14,6
		Abgasfeuchte	g/m ³ 137,4
Kanalfläche	m ² 1,271		
Anzahl der Messachsen	2	Dichte Betrieb	kg/m ³ 0,827
Anzahl der Messpunkte/Achse	4	Dichte N,f	kg/m ³ 1,277
Anzahl der Messpunkte/Ebene	8	Dichte N,tr	kg/m ³ 1,358
Teilfläche	m ² 0,159		

Zeit	Teilfläche	Eintauchtiefe	dynamischer Druck	Geschwindigkeit Betrieb	dV/dt Betrieb	dV/dt N,f	dV/dt N,tr
hh:mm	(Achse/Nr.)	mm	hPa	m/s	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
08:40	1	85	0,64	12,4	7096	4594	3924
	1	318	0,70	13,0	7458	4829	4124
	1	954	0,82	14,1	8053	5214	4453
	1	1187	0,65	12,5	7151	4630	3954
	2	85	0,79	13,9	7921	5129	4380
	2	318	0,90	14,7	8421	5452	4656
	2	954	0,87	14,5	8295	5371	4587
	2	1187	0,66	12,7	7243	4690	4005
08:50	2	1187	0,66	12,7	7243	4690	4005
	Mittelwert		0,75	13,47			
	Summe				61636	39909	34082

Auswertung Volumenstrommessung

Projekt-Nr. M158037
Betreiber BHI
 Anlage HKW
 Messstelle Rein

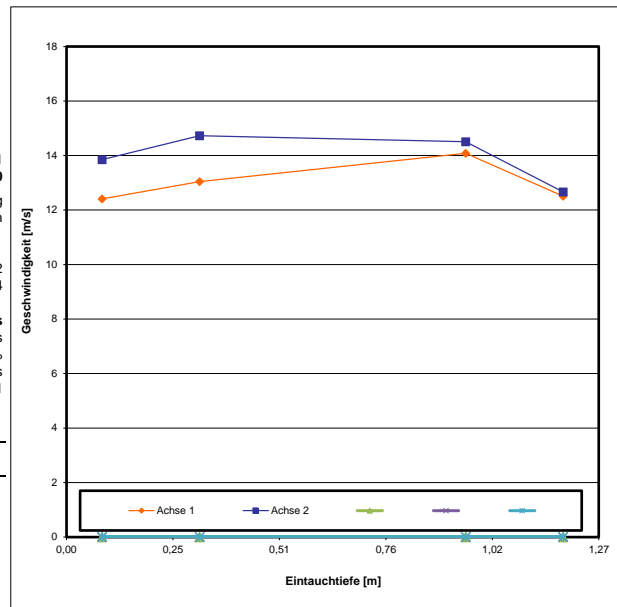
Datum 10.11.2021
Zeit 08:40 - 08:50
 Kanalform kreisförmig
 Kanaldurchmesser 1,27 m

Anzahl der Messachsen 2
 Anzahl der Messpunkte/Achse 4

mittlere Geschwindigkeit 13,5 m/s
 Standardabweichung 0,9 m/s
 relative Standardabweichung 6,9 %
 Unsicherheit der Mittelwertbildung *) 0,3 m/s
Verhältnis max./min. Geschwindigkeit 1,19 : 1

Geschwindigkeit Betriebszustand Nennlast

Teilfläche	Eintauchtiefe m	Achse 1 m/s	Achse 2 m/s
1	0,085	12,4	
2	0,318	13,0	
3	0,954	14,1	
4	1,187	12,5	
5	0,085		13,9
6	0,318		14,7
7	0,954		14,5
8	1,187		12,7
Mittelwert		13,0	13,9



*) entspricht dem Quotienten aus Standardabweichung und der Wurzel der Anzahl an Messungen

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\158M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Projekt-Nr. M158037
Betreiber BHI
Anlage HKW
Messstelle Rein

Brennstoff Holzbrennstoffe
Betriebszustand Nennlast
Datum 11.11.2021
Luftdruck hPa 955,0
statischer Druck hPa -0,6
Kanalform kreisförmig
Kanaldurchmesser m 1,272

Kanalfläche m² 1,271
Anzahl der Messachsen 2
Anzahl der Messpunkte/Achse 4
Anzahl der Messpunkte/Ebene 8
Teilfläche m² 0,159

WAF Pos. 10.4, EN16911-1 1,000
Faktor Staudrucksonde 1,000
O₂-Konzentration Vol.% 8,2
CO₂-Konzentration Vol.% 12,1
Abgastemperatur °C 124,0
Abgasfeuchte Vol.% 13,7
Abgasfeuchte g/m³ 127,6

Dichte Betrieb kg/m³ 0,831
Dichte N,f kg/m³ 1,282
Dichte N,tr kg/m³ 1,358

Zeit	Teilfläche	Eintauchtiefe	dynamischer Druck	Geschwindigkeit	dV/dt	dV/dt	dV/dt
hh:mm	(Achse/Nr.)	mm	hPa	Betrieb	Betrieb	N,f	N,tr
				m/s	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
08:15	1	85	0,58	11,8	6738	4365	3767
	1	318	0,62	12,3	7006	4538	3917
	1	954	0,77	13,6	7769	5033	4344
	1	1187	0,58	11,8	6758	4378	3778
	2	85	0,75	13,5	7702	4989	4306
	2	318	0,81	14,0	8002	5184	4474
	2	954	0,80	13,9	7953	5152	4446
	2	1187	0,61	12,2	6949	4502	3885
08:35	2	1187	0,61	12,2	6949	4502	3885
	Mittelwert		0,69	12,87			
	Summe				58877	38142	32917

Auswertung Volumenstrommessung

Projekt-Nr. M158037
Betreiber BHI
Anlage HKW
Messstelle Rein

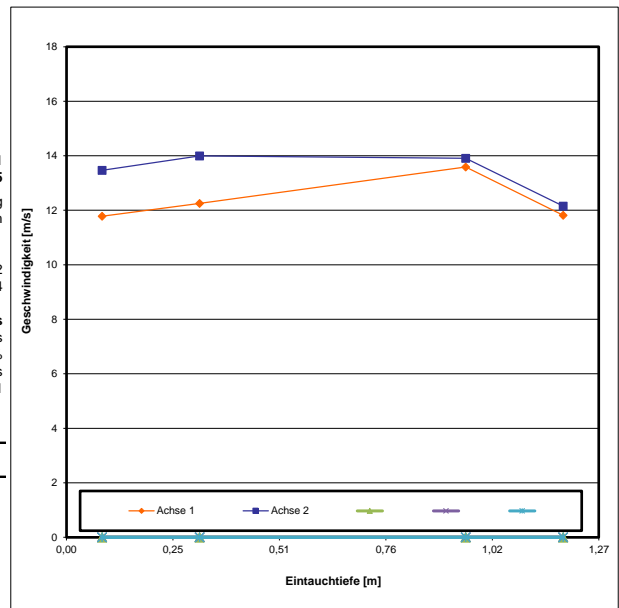
Datum 11.11.2021
Zeit 08:15 - 08:35
Kanalform kreisförmig
Kanaldurchmesser 1,27 m

Anzahl der Messachsen 2
Anzahl der Messpunkte/Achse 4

mittlere Geschwindigkeit 12,9 m/s
Standardabweichung 1,0 m/s
relative Standardabweichung 7,4 %
Unsicherheit der Mittelwertbildung *) 0,3 m/s
Verhältnis max./min. Geschwindigkeit 1,19 : 1

Geschwindigkeit Betriebszustand Nennlast

Teilfläche	Eintauchtiefe	Achse 1	Achse 2
	m	m/s	m/s
1	0,085	11,8	
2	0,318	12,3	
3	0,954	13,6	
4	1,187	11,8	
5	0,085		13,5
6	0,318		14,0
7	0,954		13,9
8	1,187		12,2
Mittelwert		12,4	13,4



*) entspricht dem Quotienten aus Standardabweichung und der Wurzel der Anzahl an Messungen

Projekt-Nr. M158037
Betreiber BHI
Anlage HKW
Messstelle Rein

Brennstoff Holzbrennstoffe
Betriebszustand Nennlast
Datum 12.11.2021
Luftdruck hPa 959,0
statischer Druck hPa -0,5
Kanalform kreisförmig
Kanaldurchmesser m 1,272

Kanalfläche m² 1,271
Anzahl der Messachsen 2
Anzahl der Messpunkte/Achse 4
Anzahl der Messpunkte/Ebene 8
Teilfläche m² 0,159

WAF Pos. 10.4, EN16911-1 1,000
Faktor Staudrucksonde 1,000
O₂-Konzentration Vol.% 8,3
CO₂-Konzentration Vol.% 11,8
Abgastemperatur °C 125,0
Abgasfeuchte Vol.% 13,7
Abgasfeuchte g/m³ 127,6

Dichte Betrieb kg/m³ 0,831
Dichte N,f kg/m³ 1,281
Dichte N,tr kg/m³ 1,356

Zeit	Teilfläche	Eintauchtiefe	dynamischer Druck	Geschwindigkeit Betrieb	dV/dt Betrieb	dV/dt N,f	dV/dt N,tr
hh:mm	(Achse/Nr.)	mm	hPa	m/s	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
06:20	1	85	0,57	11,7	6717	4359	3762
	1	318	0,66	12,6	7224	4689	4046
	1	954	0,78	13,7	7834	5084	4388
	1	1187	0,64	12,4	7078	4593	3964
	2	85	0,77	13,6	7784	5051	4359
	2	318	0,85	14,3	8162	5297	4571
	2	954	0,85	14,3	8194	5318	4589
	2	1187	0,66	12,6	7224	4689	4046
06:30	2	1187	0,66	12,6	7224	4689	4046
	Mittelwert		0,72	13,16			
	Summe				60217	39080	33726

Auswertung Volumenstrommessung

Projekt-Nr. M158037
Betreiber BHI
Anlage HKW
Messstelle Rein

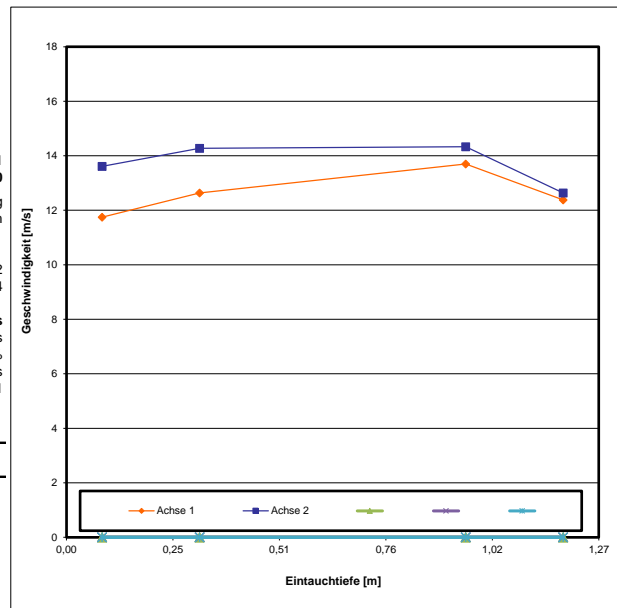
Datum 12.11.2021
Zeit 06:20 - 06:30
Kanalform kreisförmig
Kanaldurchmesser 1,27 m

Anzahl der Messachsen 2
Anzahl der Messpunkte/Achse 4

mittlere Geschwindigkeit 13,2 m/s
Standardabweichung 0,9 m/s
relative Standardabweichung 7,2 %
Unsicherheit der Mittelwertbildung *) 0,3 m/s
Verhältnis max./min. Geschwindigkeit 1,22 : 1

Geschwindigkeit Betriebszustand Nennlast

Teilfläche	Eintauchtiefe m	Achse 1 m/s	Achse 2 m/s
1	0,085	11,7	
2	0,318	12,6	
3	0,954	13,7	
4	1,187	12,4	
5	0,085		13,6
6	0,318		14,3
7	0,954		14,3
8	1,187		12,6
Mittelwert		12,6	13,7



*) entspricht dem Quotienten aus Standardabweichung und der Wurzel der Anzahl an Messungen

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Tabelle 7.3.2. Mess- und Rechenwerte kontinuierliche Messparameter.

Komponente		N₂O			
PM-Nr. Monitor		7969			
Messbereich N2O		1187 mg/m ³			
Art der MU Berechnung		indirekt			
Driften N2O	berechnet mit	Maximalwert	Toleranz	T Raum	T Raum
Datum	Nullpunkt	Referenzpunkt		(Abgleich)	°C
Prüfmittel	0,00	189,89	2,0%		14,1 16,9
10.11.2021	-1,58	189,89	mg/m ³	15,5 °C	5,3
10.11.2021	2,88	190,48	mg/m ³	15,5 °C	10,7
Drift [%]		2,4	-2	Driftkorrektur	3,7
11.11.2021	2,57	190,88	mg/m ³	8,0 °C	6,7
11.11.2021	2,77	190,48	mg/m ³	8,0 °C	
Drift [%]	0,1	-0,3			
12.11.2021	0,59	190,28	mg/m ³	5,2 °C	
12.11.2021	3,16	189,49	mg/m ³	5,2 °C	
Drift [%]	1,4	-1,8			

Komponente		O₂			
PM-Nr. Monitor		11549			
Messbereich O2		25 Vol.%			
Art der MU Berechnung		indirekt			
Driften O2	berechnet mit	Maximalwert	Toleranz	T Raum	T Raum
Datum	Nullpunkt	Referenzpunkt		(Abgleich)	°C
Prüfmittel	0,00	20,95	2,0%		14,1 16,9
10.11.2021	0,01	20,93	Vol.%	15,5 °C	5,3
10.11.2021	0,01	20,91	Vol.%	15,5 °C	10,7
Drift [%]	0	-0,1			3,7
11.11.2021	0,08	20,82	Vol.%	8,0 °C	6,7
11.11.2021	0,08	20,92	Vol.%	8,0 °C	
Drift [%]	0	0,5			
12.11.2021	0,07	20,92	Vol.%	5,2 °C	
12.11.2021	0,14	20,96	Vol.%	5,2 °C	
Drift [%]	0,3	-0,1			

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\10_BER_1D.DOCX:14.01.2022

Tabelle 7.3.3. Mess- und Rechenwerte diskontinuierliche Messparameter.

Komponente HF

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse mg/Probe	HF mg/m ³	Proben- bezeichn.
10.11.2021	12:20-12:50	0,995	0,051	14,1	957	0,046	0,00	0,0	1
10.11.2021	14:13-14:43	0,995	0,059	16,9	957	0,052	0,00	0,0	2
11.11.2021	09:50-10:20	0,995	0,055	5,3	955	0,050	0,00	0,0	3
11.11.2021	11:03-11:33	0,995	0,059	10,7	955	0,053	0,00	0,0	4
12.11.2021	09:43-10:13	0,995	0,064	3,7	959	0,059	0,00	0,0	5
12.11.2021	10:41-11:11	0,995	0,061	6,7	959	0,056	0,00	0,0	6
Blindwert							0,00	0,0	
Bestimmungsgrenze							0,00	0,1	

Komponente Hg

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse µg/Probe	Hg µg/m ³	Proben- bezeichn.
10.11.2021	12:20-12:50	0,988	0,057	14,5	957	0,050	0,06	1,3	1
10.11.2021	14:13-14:43	0,988	0,061	15,0	957	0,054	0,01	0,3	2
11.11.2021	09:50-10:20	0,988	0,057	5,9	955	0,052	0,00	0,0	3
11.11.2021	11:03-11:33	0,988	0,056	20,8	955	0,049	0,01	0,2	4
12.11.2021	09:43-10:13	0,988	0,066	3,2	959	0,061	0,00	0,0	5
12.11.2021	10:41-11:11	0,988	0,063	8,3	959	0,058	0,02	0,3	6
Blindwert							0,01	0,0	
Bestimmungsgrenze							0,01	0,2	

Komponente HCN

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse mg/Probe	HCN mg/m ³	Proben- bezeichn.
10.11.2021	12:20-12:50	0,995	0,051	14,1	957	0,046	0,00	0,1	1
10.11.2021	14:13-14:43	0,995	0,059	16,9	957	0,052	0,00	0,1	2
11.11.2021	09:50-10:20	0,995	0,055	5,3	955	0,050	0,00	0,1	3
11.11.2021	11:03-11:33	0,995	0,059	10,7	955	0,053	0,00	0,1	4
12.11.2021	09:43-10:13	0,995	0,064	3,7	959	0,059	0,01	0,2	5
12.11.2021	10:41-11:11	0,995	0,061	6,7	959	0,056	0,01	0,2	6
Blindwert							0,00	0,0	
Bestimmungsgrenze							0,00	0,1	

Hinweis: Der HCN-Gehalt in der B-Probe betrug teilweise mehr als 10 % der A-Probe. Die Problematik ist verfahrensbedingt. Das Messverfahren ist aus dem Bereich Arbeitsplatzmessungen entlehnt und weist Probleme bei hoher Konzentration saurer Abgasbestandteilen auf.

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\WIPROJ158\M158037\10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Tabelle 7.3.4. Mess- und Rechenwerte partikelförmige Messparameter.

Komponente			SM						
Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	Cd filtergängig µg/m ³	Tl filtergängig µg/m ³	Sb filtergängig µg/m ³	As filtergängig µg/m ³	Pb filtergängig µg/m ³	Cr filtergängig µg/m ³
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,547	0,0677	<0,0500	<1,0000	<1,0000	7,0335	<1,0000
2	11.11.2021	09:50-10:20	0,662	1,1339	<0,0500	<1,0000	4,1396	112,2335	3,7332
3	12.11.2021	10:41-11:11	0,687	0,0539	<0,0500	<1,0000	<1,0000	5,6018	<1,0000
		BG		0,0300	0,0500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
		BW		0,1194	0,0000	0,0000	0,0000	8,2194	0,0000
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt									
BG Bestimmungsgrenze									
BW Blindwert									

Komponente			SM						
Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	Co filtergängig µg/m ³	Cu filtergängig µg/m ³	Mn filtergängig µg/m ³	Ni filtergängig µg/m ³	V filtergängig µg/m ³	Sn filtergängig µg/m ³
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,547	<1,0000	<1,0000	2,1700	<1,0000	<1,0000	<1,0000
2	11.11.2021	09:50-10:20	0,662	<1,0000	5,1367	28,1296	<1,0000	<1,0000	4,6790
3	12.11.2021	10:41-11:11	0,687	<1,0000	<1,0000	1,7283	<1,0000	<1,0000	<1,0000
		BG		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
		BW		0,0000	0,0000	2,3126	0,0000	0,0000	0,0000
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt									
BG Bestimmungsgrenze									
BW Blindwert									

Komponente			SM						
Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	Cd filtergängig µg/Probe	Tl filtergängig µg/Probe	Sb filtergängig µg/Probe	As filtergängig µg/Probe	Pb filtergängig µg/Probe	Cr filtergängig µg/Probe
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,547	0,0370	0,0000	0,0000	0,0000	3,8473	0,0000
2	11.11.2021	09:50-10:20	0,662	0,7505	0,0000	0,0000	2,7400	74,2873	2,4710
3	12.11.2021	10:41-11:11	0,687	0,0370	0,0000	0,0000	0,0000	3,8473	0,0000
		BG							
		BW							
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt									
BG Bestimmungsgrenze									
BW Blindwert									

Komponente			SM						
Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	Co filtergängig µg/Probe	Cu filtergängig µg/Probe	Mn filtergängig µg/Probe	Ni filtergängig µg/Probe	V filtergängig µg/Probe	Sn filtergängig µg/Probe
1	10.11.2021	12:20-12:50	0,547	0,0000	0,0000	1,1870	0,0000	0,0000	0,0000
2	11.11.2021	09:50-10:20	0,662	0,0000	3,4000	18,6190	0,0000	0,0000	3,0970
3	12.11.2021	10:41-11:11	0,687	0,0000	0,0000	1,1870	0,0000	0,0000	0,0000
		BG							
		BW							
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt									
BG Bestimmungsgrenze									
BW Blindwert									

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Tabelle 7.3.5. Mess- und Rechenwerte besondere hochtoxische Messparameter.

Komponente WHO-TEQ PCDD/F /B(a)P

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m³N	Proben-bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %
10.11.2021	11:22-17:22	1,000	8,627	0,0	1013,25	8,627	1	8	7
11.11.2021	09:00-15:00	1,000	8,682	0,0	1013,25	8,682	2	8	11
12.11.2021	07:00-13:00	1,000	8,525	0,0	1013,25	8,525	3	8	7

Projekt 1301 21 2382 P01		M_BBM-Projekt M158 037 / B02				
mas-Proben-Nr.		Probeneingang 16.11.2021				
Original-Probenbezeichnung		21 2382 001	21 2382 002	21 2382 003	21 2382 004	
Bestimmungs-Grenze	relative Messunsicherheit	M158 037 - 1	M158 037 - 2	M158 037 - 3	M158 037 - BW	
Einheit	ng/Probe	%	ng/Probe	ng/Probe	ng/Probe	ng/Probe
PCDD 2378-Kongenerere						
2378-TetraCDD	0,002	26,7	nd	0,00241	0,00411	nd
12378-PentaCDD	0,002	22,8	nd	0,00527	0,0122	nd
123478-HexaCDD	0,003	34,1	nd	0,00526	0,0103	nd
123678-HexaCDD	0,003	25,9	0,00337	0,0104	0,0189	nd
123789-HexaCDD	0,003	21,6	nd	0,00585	0,0122	nd
1234678-HeptaCDD	0,015	89,4	0,0188	0,0492	0,0962	nd
12346789-OctaCDD	0,045	96,4	nd	0,0642	0,122	nd
PCDF 2378-Kongenerere						
2378-TetraCDF	0,001	27,0	0,00567	0,00855	0,0205	nd
12378-PentaCDF	0,002	23,6	0,00315	0,00627	0,0128	nd
23478-PentaCDF	0,002	28,6	0,00286	0,00730	0,0149	nd
123478-HexaCDF	0,003	27,9	nd	0,00548	0,00883	nd
123678-HexaCDF	0,003	21,7	nd	0,00524	0,0109	nd
123789-HexaCDF	0,003	21,7	nd	nd	nd	nd
234678-HexaCDF	0,003	21,8	0,00344	0,00615	0,0117	nd
1234678-HeptaCDF	0,015	23,5	nd	nd	0,0270	nd
1234789-HeptaCDF	0,015	24,8	nd	nd	nd	nd
12346789-OctaCDF	0,045	25,7	nd	nd	nd	nd
PCDD Summen						
Summe TCDD		26,7	0,0194	0,0531	0,114	nb
Summe PeCDD		22,8	0,0159	0,0565	0,137	nb
Summe HxCDD		22,2	0,0235	0,0795	0,182	nb
Summe HpCDD		89,4	0,0188	0,0850	0,169	nb
OCDD	0,045	96,4	nd	0,0642	0,122	nd
PCDF Summen						
Summe TCDF		27,0	0,131	0,244	0,495	nb
Summe PeCDF		25,0	0,0445	0,0875	0,186	nb
Summe HxCDF		22,1	0,0147	0,0400	0,0766	nb
Summe HpCDF		23,4	nb	nb	0,0270	nb
OCDF	0,045	25,7	nd	nd	nd	nd
PCDD/F Summen						
Summe Tetra-bis OctaCDD		40,7	0,0777	0,338	0,724	nb
Summe Tetra-bis OctaCDF		23,5	0,190	0,372	0,785	nb
Summe Tetra-bis OctaCDD/F		30,6	0,267	0,710	1,51	nb
TEQ-Werte						
I-TEQ exklusive BG ^a		23,9	0,00302	0,0143	0,0290	nb
I-TEQ inklusive BG ^b	0,00684	23,9	0,00791	0,0149	0,0295	0,00684
WHO-TEQ 2005 exklusive BG ^a		23,5	0,00239	0,0153	0,0318	nb
WHO-TEQ 2005 inklusive BG ^b	0,00734	23,5	0,00822	0,0159	0,0323	0,00734
Wiederfindung Probenahmestandard						
Wiederfindung 13C12-12378-PentaCDF [%]			86	84	87	80
Wiederfindung 13C12-123789-HexaCDF [%]			99	101	103	99
Wiederfindung 13C12-1234789-HeptaCDF [%]			95	95	101	89
Kondensatmenge (g)			1.614	1.253	1.449	572

nd Wert unterhalb der angegeben Bestimmungsgrenze (BG)
 nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenerere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
 a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere
 b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für Kongenerere unterhalb der BG

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

Projekt 1301 21 2382 P01		M_BBM-Projekt M158 037 / B02			
mas-Proben-Nr.	21 2382 001	21 2382 002	21 2382 003	21 2382 004	Bestimmungs- grenze
Original-Probenbezeichnung	M158 037 - 1	M158 037 - 2	M158 037 - 3	M158 037 - BW	
Einheit	ng/Probe	ng/Probe	ng/Probe	ng/Probe	ng/Probe
Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB)					
Non-ortho PCB					
PCB 77	nd	nd	nd	nd	0,100
PCB 81	nd	nd	nd	nd	0,0500
PCB 126	nd	nd	nd	nd	0,0250
PCB 169	nd	nd	nd	nd	0,0500
Mono-ortho PCB					
PCB 105	nd	nd	nd	nd	0,500
PCB 114	nd	nd	nd	nd	0,100
PCB 118	nd	nd	nd	nd	1,00
PCB 123	nd	nd	nd	nd	0,100
PCB 156	nd	nd	nd	nd	0,100
PCB 157	nd	nd	nd	nd	0,100
PCB 167	nd	nd	nd	nd	0,100
PCB 189	nd	nd	nd	nd	0,100
PCB TEQ-Werte					
WHO-TEQ 2005 exklusive BG ^a	nb	nb	nb	nb	
WHO-TEQ 2005 inklusive BG ^b	0,00409	0,00409	0,00409	0,00409	0,00409
Wiederfindung Probenahmestandard					
12C12-PCB 60 [%]	114	108	111	114	
13C12-PCB 127 [%]	84	80	86	73	
13C12-PCB 159 [%]	105	98	97	90	
Kondensatmenge [g]	1.614	1.253	1.449	572	

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für Kongenere unterhalb der BG

c Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Anlage 4: Graphische Darstellung des Verlaufs kontinuierlich gemessener Komponenten

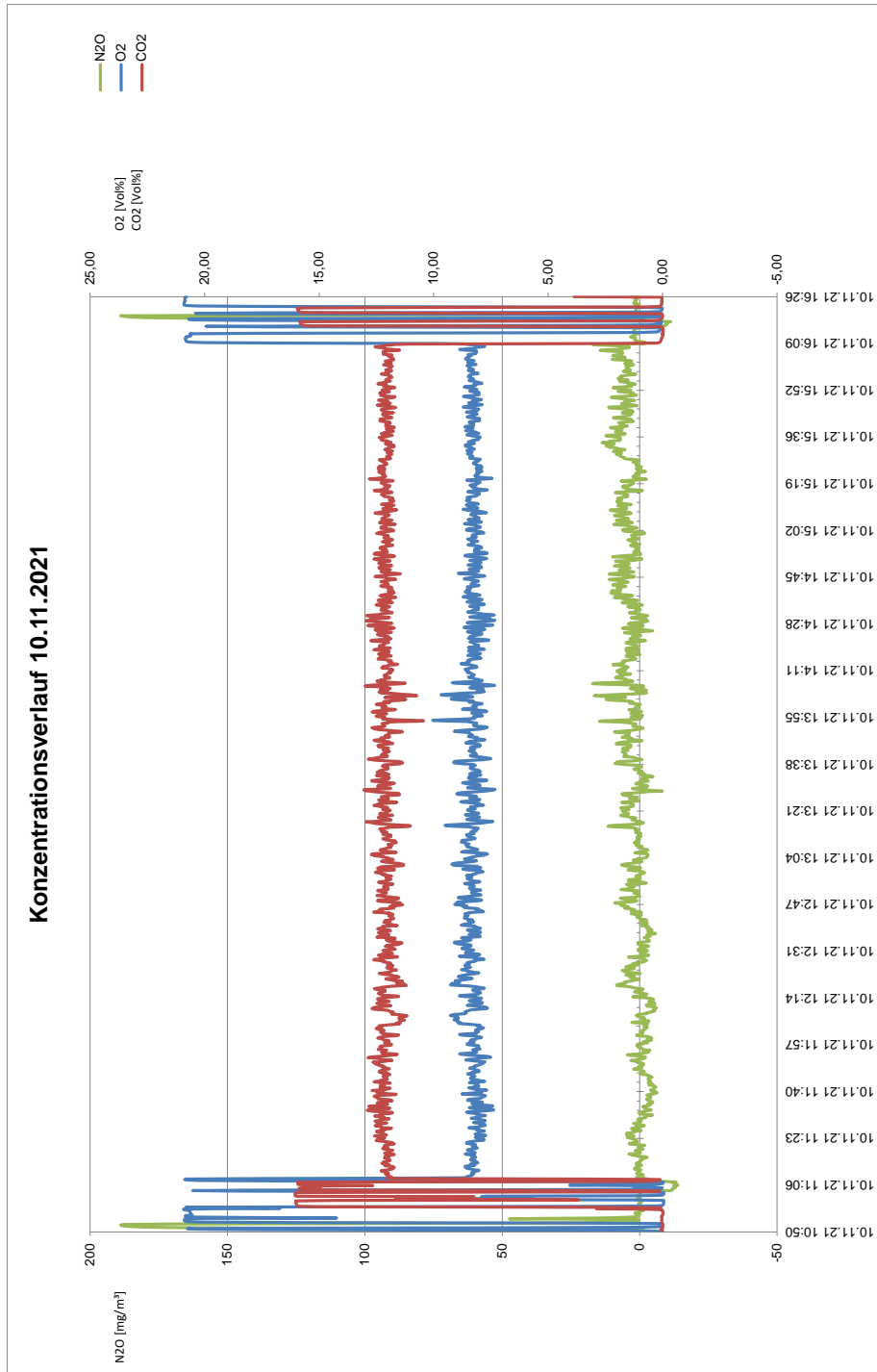


Abbildung 7.4.1. Graphischer Verlauf der kontinuierlich gemessenen Konzentrationen am 10.11.2021

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ158\M158037\10_BER_1D.DOCX:14.01.2022

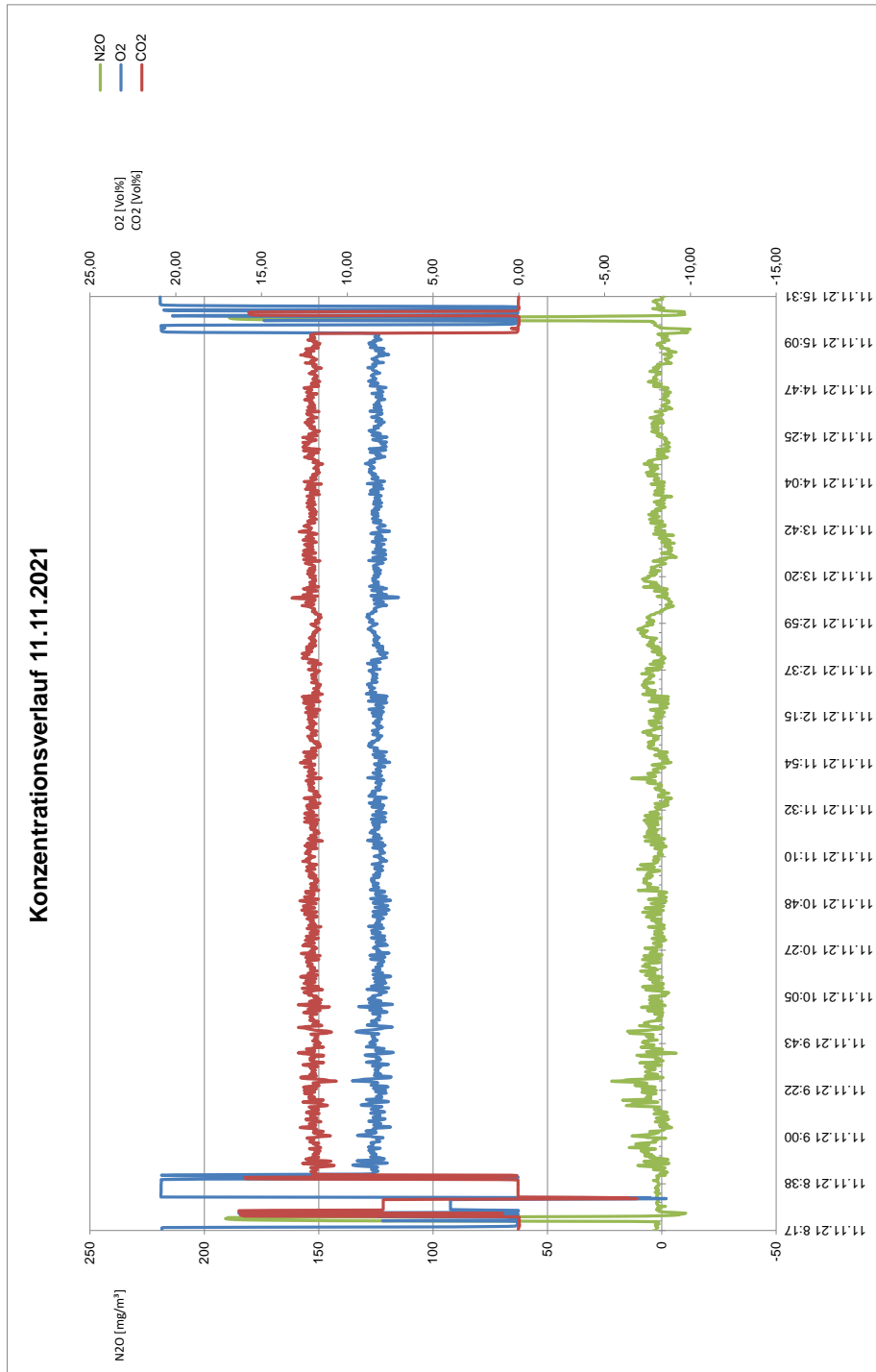


Abbildung 7.4.2. Graphischer Verlauf der kontinuierlich gemessenen Konzentrationen am 11.11.2021

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\158\M158037\M158037_10_BER_1D.DOCX:14. 01. 2022

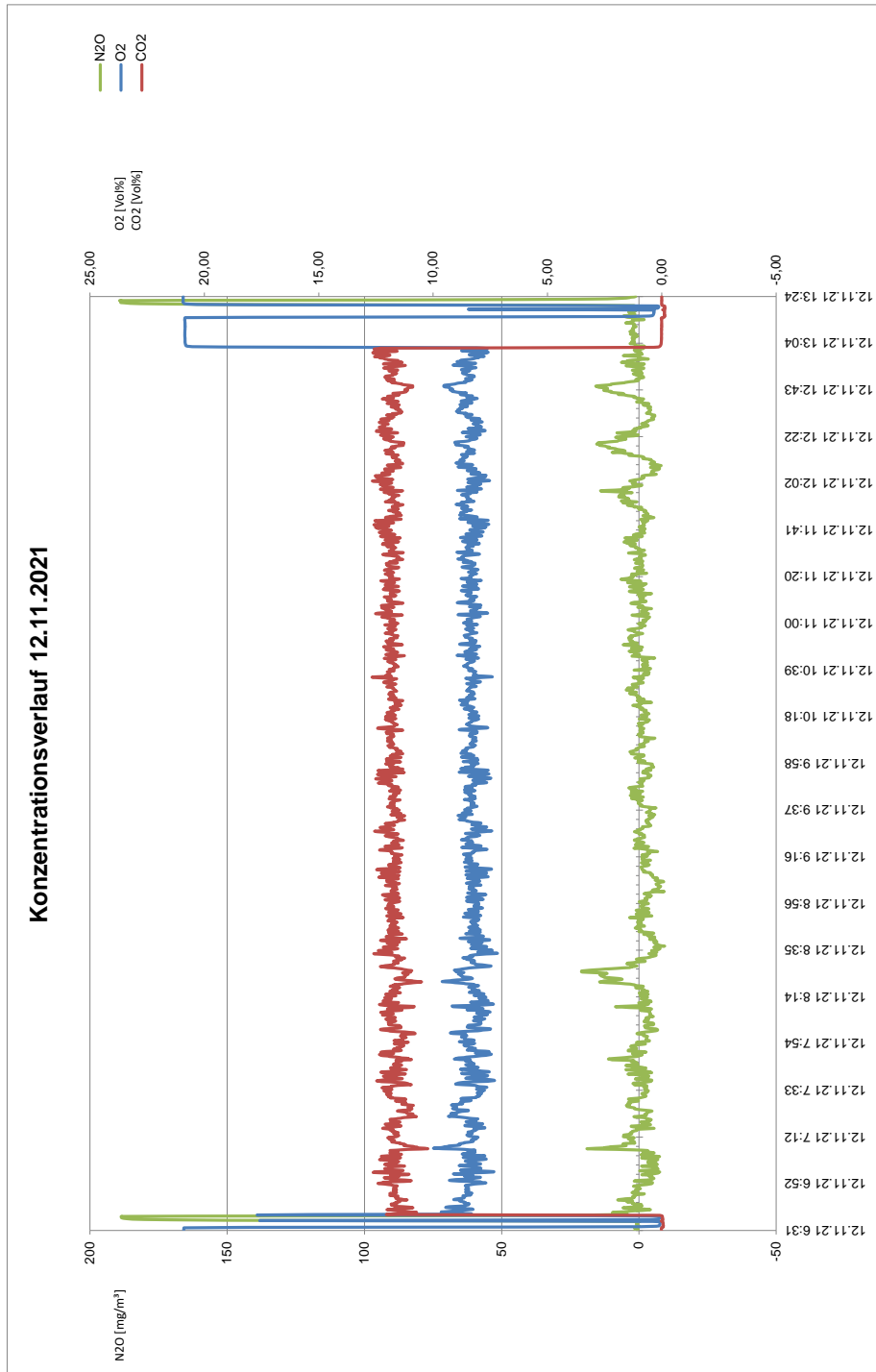


Abbildung 7.4.3. Graphischer Verlauf der kontinuierlich gemessenen Konzentrationen am 12.11.2021