

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Nürnberg
Fürther Straße 35
90513 Zirndorf

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

www.mbbm-ind.com

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

23. November 2023
M175121/02 Version 1 ELR/KOP

BHI GmbH

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen im Jahr 2023

Biomasseheizkraftwerk Ilmenau

Bericht Nr. M175121/02

Betreiber:	BHI GmbH Biomasse Heizkraftwerk Ilmenau Gewerbepark "Am Wald" 18 a 98693 Ilmenau
Standort:	Gewerbepark "Am Wald" 18 a 98693 Ilmenau
Anlage:	Biomasseheizkraftwerk
Datum der Messung:	20.-22.09.2023
Berichtsumfang:	insgesamt 64 Seiten inkl. 33 Seiten Anlagen

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

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz

Zusammenfassung

Emissionsquelle

Kamin des Biomasseheizkraftwerks

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

Tabelle 0.1. Zusammenfassung der Messergebnisse - Massenkonzentrationen.

Komponente	Einheit	$Y_{\max-U_P^*}$	$Y_{\max+U_P^*}$	Grenzwert	Vertrauensniveau ^{**})	Betriebszustand
Hg	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,03	0,00	Dampfmenge 23 - 25 t/h
HF	mg/m ³ ,N	0	0	1	0	
N ₂ O	mg/m ³ ,N	0	35	-	26	
Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,05	0,00	
Schwermetalle (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 b der 17. BImSchV	mg/m ³ ,N	0,0	0,0	0,5	0,0	
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	1) mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,05	0,00	
PCDD/F + dl-PCB	1) ng/m ³ ,N	0,1	0,1	0,1	0,2	

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

***) 50%-Vertrauensniveau des Maximalwertes $f_{\max,50}$

1) Fremdanalytik (siehe 1.12)

Y_{\max} : maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

Tabelle 0.2. Zusammenfassung der Messergebnisse - Massenströme.

Komponente	Einheit	$Y_{\max-U_P^*}$	$Y_{\max+U_P^*}$	Grenzwert	Vertrauensniveau ^{**})	Betriebszustand
HCN	g/h	8	13	15	18	Dampfmenge 23 - 25 t/h

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

***) 50%-Vertrauensniveau des Maximalwertes $f_{\max,50}$

Y_{\max} : maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

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“).

Anmerkung: (für Anlagen der 17. BImSchV)

Gemäß §18 Absatz 3 der durch Artikel 2 der BImSchV13NG vom 06.07.2021 geänderten 17. BImSchV sind die periodischen Einzelmessungen nur einmal jährlich durchzuführen, wenn der Maximalwert der periodischen Messungen mit einem Vertrauensniveau von 50 % (nach der Richtlinie VDI 2448 Blatt 2, 07/1997) den jeweiligen Emissionsgrenzwert nicht überschreitet.

Inhaltsverzeichnis

1	Formulierung der Messaufgabe	4
1.1	Auftraggeber	4
1.2	Betreiber	4
1.3	Standort	4
1.4	Anlage	4
1.5	Datum der Messung	4
1.6	Anlass der Messung	4
1.7	Aufgabenstellung	4
1.8	Messkomponenten und Messgrößen	5
1.9	Ortsbesichtigung vor Messdurchführung	5
1.10	Messplanabstimmung	5
1.11	An den Arbeiten beteiligte Personen	6
1.12	Beteiligung weiterer Institute	6
1.13	Fachlich Verantwortlicher	6
2	Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe	7
2.1	Bezeichnung der Anlage	7
2.2	Beschreibung der Anlage	7
2.3	Beschreibung der Emissionsquellen nach Betreiberangaben	7
2.4	Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe	8
2.5	Betriebszeiten nach Betreiberangaben	8
2.6	Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen	8
3	Beschreibung der Probenahmestelle	10
3.1	Messstrecke und Messquerschnitt	10
3.2	Lage der Messpunkte im Messquerschnitt	11
4	Messverfahren und Messeinrichtungen	12
4.1	Abgasrandbedingungen	12
4.2	Automatische Messverfahren	13
4.3	Manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen	15
4.4	Messverfahren für partikelförmige Emissionen	18
4.5	Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u. Ä.)	21
4.6	Geruchsemission	24
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	Beurteilung der Betriebsbedingungen während der Messungen	26
6.2	Messergebnisse	26
6.3	Messunsicherheiten	30
6.4	Plausibilitätsprüfung	31
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 aktuellen Fassung

Anlagen-Nr.	01
-------------	----

1.5 Datum der Messung

Datum der Messung	20.-22.09.2023
Datum der letzten Messung	11/2022
Datum der nächsten Messung	wird von der Überwachungsbehörde festgelegt

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 Bezugs-sauerstoffgehalt.

1.8 Messkomponenten und Messgrößen

Abgasrandbedingungen	Sauerstoff O ₂ , Kohlendioxid CO ₂ , Temperatur, Druck, Feuchte, Volumenstrom
gasförmige Emissionen	Fluorwasserstoff, Cyanwasserstoff, Distickstoffoxid, 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

nicht durchgeführt weil mit den vorherigen Messungen an der Anlage befasst

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 14.09.2023 in Form eines Kurzmessplanes übermittelt.

1.11 An den Arbeiten beteiligte Personen

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

Projektleiter

B. Eng. Jakob Fischer

Messingenieur

M. Eng. Björn Müller

Messingenieur

1.12 Beteiligung weiterer Institute

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

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

1.13 Fachlich Verantwortlicher

Name

Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein

Telefon-Nr.

+49(911)600445-0

E-Mail-Adresse

Frank.Stoecklein@mbbm-ind.com

2 Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe

2.1 Bezeichnung der 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 aktuellen Fassung

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 Emissionsquellen nach Betreiberangaben

Bezeichnung der Emissionsquelle	Kamin
Höhe über Grund	45 m
Austrittsfläche	1,27 m ²
UTM-Koordinaten	32 U 637092 / 5618046
Bauausführung	freistehender einzügiger Stahlkamin

2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe

Hackschnitzel aus den folgenden Holzkategorien:

- 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 nach Betreiberangaben

max. 8.760 h/a, abzüglich Revisionszeiten

tägliche Betriebszeit 24 Stunden

wöchentliche Betriebszeit 7 Tage

2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen

2.6.1 Einrichtung zur Erfassung der Emissionen

2.6.1.1 Art der 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 Ventilatorckenndaten

Fabrikat	Radialventilator
Hersteller	Reitz
Typ	KXE080-180015-00
Baujahr	2020
Volumenstrom	126.410 m ³ /h
Motorleistung	315 kW

2.6.1.3 Ansaugfläche

entfällt

2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen

Zyklonanlage

Hersteller:	Fa. SCHEUCH – Österreich
Baujahr:	2023
Type:	Zp-5-2500 links/rechts
Einzelzyklone:	2
Schaltung/Bauart:	parallel
letzte Wartung:	2023
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:	2023
Bauart:	Mehrkammerfilter
Anzahl der Kammern	4
Anzahl der Schläuche je Kammer:	150
Filtermaterial:	PTFE-Nadelfilz/PTFE-Stützgewebe
Filterfläche:	1.866 m ²
Filterflächenbelastung:	0,94 m ³ /m ² x min
Abreinigung:	Druckluftimpulse
Abreinigungsrhythmus:	differenzdruckgesteuert
letzter Filterwechsel:	Erstbestückung nach Umbau

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

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.

2.6.3 Einrichtung zur Verdünnung des Abgases

Es sind keine Einrichtungen zur Verdünnung der Abgase installiert.

3 Beschreibung der Probenahmestelle

3.1 Messstrecke und Messquerschnitt

3.1.1 Lage und Abmessungen

Die Messstelle liegt	<input checked="" type="checkbox"/> im Freien	<input type="checkbox"/> im Gebäude
	<input type="checkbox"/> vor Saugzug	<input checked="" type="checkbox"/> nach Saugzug
	<input checked="" type="checkbox"/> im Kamin	<input type="checkbox"/> im horizontalen Abgaskanal.
Kanalgeometrie	rund	
Kanalabmessungen	Ø 1,27 m	
hydraulischer Durchmesser D_h	Ø 1,27 m	
Länge Ein-/Auslaufstrecke	10 m/ 21 m	
Empfehlung ≥ 5· D_h Einlauf und 2· D_h Auslauf (5· D_h vor Mündung)	<input checked="" type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt

Bei Ein- und Auslaufstrecken, die wie im vorliegenden Fall den Empfehlungen der DIN EN 15259 entsprechen, sind im Allgemeinen homogene Strömungsverhältnisse zu erwarten.

3.1.2 Arbeitsfläche und Messbühne

Die Probenahmestelle liegt	24 m über Bodenniveau.
Zugang	Treppe
Arbeitsbereich/ Messbühne	Messbühne ohne Einhausung
Traversierfläche	Tiefe: ca. 1 m, Breite: 360° um den Kamin
zusätzliche Arbeitsfläche	Ausreichend vorhanden auf dem Flachdach

3.1.3 Messöffnungen

Anzahl	3
Anordnung	um 90° versetzt
Größe	3"

3.1.4 Strömungsbedingungen im Messquerschnitt

Winkel des Gasstroms zu Mittelachse des Abgaskanals < 15°	<input checked="" type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt
keine lokale negative Strömung	<input checked="" type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt
Verhältnis von höchster zu niedrigster Geschwindigkeit im Messquerschnitt < 3 : 1	<input checked="" type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt
Mindestgeschwindigkeit (in Abhängigkeit vom verwendeten Messverfahren)	<input checked="" type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt

3.1.5 Zusammenfassende Beurteilung der Messbedingungen

Messbedingungen nach DIN EN 15259	<input checked="" type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt
ergriffene Maßnahmen	keine erforderlich	
zu erwartende Auswirkungen auf das Messergebnis	keine	
Empfehlungen und Hinweise zur Verbesserung der Messbedingungen	keine erforderlich	

3.2 Lage der Messpunkte im Messquerschnitt

3.2.1 Darstellung der Lage der Messpunkte im Messquerschnitt

Messquerschnitt	1,27 m ²
gewählte/mögliche Anzahl Messachsen	2
gewählte/mögliche Anzahl Messpunkte	4
Verteilung der Messpunkte im Messquerschnitt	Die Festlegung der Messpunkte im Kanalquerschnitt zur Durchführung einer Netzmessung erfolgt nach den Vorgaben der DIN EN 15259. (siehe Strömungsprofil im Kapitel 7, Anlage 1)

3.2.2 Homogenitätsprüfung

- durchgeführt, siehe Ergebnisse in Abschnitt 6
- nicht durchgeführt, weil
 - Fläche Messquerschnitt < 0,1 m²
 - Netzmessungen
 - liegt vor

Datum der Homogenitätsprüfung	21.09.2009
Berichts-Nr.	M80773/3
Prüfinstitut	Müller-BBM GmbH
Ergebnis der Homogenitätsprüfung (für gasförmige Verbindungen)	<input checked="" type="checkbox"/> Messung an einem beliebigen Punkt <input type="checkbox"/> Messung an einem repräsentativen Punkt: Messachse x, Messpunkt x <input type="checkbox"/> Netzmessung

3.2.3 Komponentenspezifische Darstellung

Messkomponente	Anzahl der Mesachsen	Anzahl der Messpunkte je Messachse	Homogenitätsprüfung durchgeführt	beliebiger Messpunkt	repräsentativer Messpunkt	Netzmessung
O ₂ , N ₂ O *)	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HF, HCN, Hg *)	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schwermetalle	2	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PCDD/F, dl-PCB, B(a)p	2	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

*) Als Analogieschluss aus der durchgeführten Homogenitätsprüfung für O₂ werden alle gasförmigen Verbindungen an einem beliebigen Messpunkt beprobt.

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

4 Messverfahren und Messeinrichtungen

4.1 Abgasrandbedingungen

4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

DIN EN ISO 16911-1 (2013-06)	Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstromes in Abgaskanälen – Manuelles Referenzverfahren
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1Z02
Messverfahren	DKD-kalibriertes Prandtl'sches Staurohr in Verbindung mit elektronischem Mikromanometer
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 3, 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

4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

Messverfahren	Digitalbarometer
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente patm

4.1.4 Abgastemperatur

Messverfahren	Thermospannung, NiCr-Ni-Thermoelement
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 3, 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 (2017-05)	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 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente H ₂ O
Waage	siehe Anlage 3, 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 Automatische Messverfahren

4.2.1 Messobjekte

Sauerstoff (O₂)

Kohlendioxid (CO₂)

Distickstoffmonoxid (N₂O)

4.2.2 Messverfahren

O₂

magnetische Suszeptibilität, DIN EN 14789 (2017-05)

CO₂

NDIR-Spektrometrie, in Anlehnung an DIN EN 15058 (2017-05); DIN CEN/TS 17405 (2020-11)

N₂O

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

Müller-BBM-Prüfanweisungen

16-1A09 (CO, N₂O); 16-1A08 (CO₂), 16-1A10 (O₂)

4.2.3 Analysatoren

O₂ (Hersteller/Typ/Nummer/...)

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente O₂

CO₂ (Hersteller/Typ/Nummer/...)

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente CO₂

N₂O (Hersteller/Typ/Nummer/...)

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente N₂O

4.2.4 Eingestellter Messbereich

O₂

0... 25 Vol.-%

CO₂

0... 20 Vol.-%

N₂O

0... 150 ppm

4.2.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde

Edelstahl, beheizt auf Abgastemperatur, Länge 0,5 m

Partikelfilter

Quarzwatte, gestopft im Filtergehäuse aus Edelstahl, innenliegend, beheizt auf Abgastemperatur

Probegasleitung vor Gasaufbereitung

Länge 25 m, PTFE-Leitung, beheizt auf 180 °C

Probegasleitung nach Gasaufbereitung

Länge ca. 1 m, PTFE-Leitung, unbeheizt

Werkstoff der gasführenden Teile

Edelstahl, Quarz, PTFE, Glas

Messgasaufbereitung

Messgaskühler

Bauart

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

Temperatur geregelt auf

4 °C

Trockenmittel

nicht vorhanden

Messgasdurchfluss

0,12 m³/h

4.2.6 Überprüfung der Gerätekenlinie

Prüfgas	CO ₂	N ₂ O
Hersteller	Air Liquide	Air Liquide
Flaschennummer	D5REH38	D49UTKG
Konzentration	17,96 Vol.%	147,8 ppm
Rest	N ₂	N ₂
Analysentoleranz	± 2 %	± 2 %
zertifiziert	DKD	Hersteller
Datum	14.06.2023	18.10.2022
Stabilitätsgarantie	36 Monate	36 Monate
Garantiezeit eingehalten	ja	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. 50 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 Überwachung der Sauerstoffkonzentration Durchflusskontrolle
---	---

Messunsicherheit	siehe 6.3
------------------	-----------

4.3 Manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen

4.3.1 Gasförmige anorganische Fluorverbindungen (angegeben als HF)

4.3.1.1 Messverfahren

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

4.3.1.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	Partikelabscheidung/beheizte Probenahme/zweistufige Absorption/Gasprobennehmer
Entnahmesonde	Titan, beheizt auf 180 °C, Länge 1,5 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	0,1 n Natronlauge
Sorptionsmittelmenge	30 ml je Waschflasche
Probenahmesystem	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente HF
eingestellter Durchfluss	ca. 0,12 m³/h
Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement	ca. 1,8 m
Probentransfer	ungekühlt in 50-ml-PE-Gefäßen
Standzeit der Proben	max. 6 Tage (Analyse am 26.09.2023)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.3.1.3 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

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

4.3.1.4 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

4.3.1.5 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	Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.3.2 Cyanwasserstoff (angegeben als HCN)**4.3.2.1 Messverfahren**

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

4.3.2.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	siehe 4.3.1.2
Sorptionsmittel	0,1 n Natronlauge
Sorptionsmittelmenge	30 ml je Waschflasche
Probenahmesystem	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente HF
eingestellter Durchfluss	ca. 0,12 m ³ /h
Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement	ca. 1,8 m
Probentransfer	ungekühlt in 50-ml-PE-Gefäßen
Standzeit der Proben	max. 7 Tage (Analyse am 27.09.2023)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.3.2.3 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

4.3.2.4 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

4.3.2.5 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	Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.3.3 Quecksilber

4.3.3.1 Messverfahren

DIN EN 13211 (06 – 2001)	Emissionen aus stationären Quellen – Manuelles Verfahren zur Bestimmung der Gesamtquecksilber-Konzentration
DIN EN 13211 (06 – 2005)	
Berichtigung zu DIN EN 13211:2001-06	
DIN EN 1483 (08 – 1997)	Referenzverfahren Analytik UV-Fotometrie
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1D04; 16-2D04

4.3.3.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	Siehe 4.3.1.2
Durchführung der Probenahme	nicht isokinetisch, da Hg partikelförmig < 1 µg/m ³ (siehe Anhang)
Sorptionsmittel	schwefelsaure KMnO ₄ -Lösung
Sorptionsmittelmenge	30 ml je Waschflasche
Probenahmesystem	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente Hg
eingestellter Durchfluss	ca. 0,12 m ³ /h
Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement	ca. 1,8 m
Probentransfer	Planfilter in Rundbehältern aus PE; Absorptionlösungen ungekühlt in 250-ml-Duranglas-Flaschen
Standzeit der Proben	Filter: max. 27 Tage (Analyse am 17.10.2023) Lösungen: max. 6 Tage (Analyse am 26.09.2023)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

4.3.3.3 Analytische Bestimmung

Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung des Hg-Gehaltes mittels UV-Fotometrie mit Mess- und Referenzstrahl zur Lampenregelung
Aufarbeitung der Filter	Mikrowellendruckaufschluss mit HNO ₃ /H ₂ O ₂ 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 (Hg ²⁺)	Quecksilberchlorid-Lösung, Standardkalibrierverfahren

4.3.3.4 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

4.3.3.5 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	Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.4 Messverfahren für partikelförmige Emissionen

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

4.4.1.1 Messverfahren

DIN EN 14385 (05 – 2004)	Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Gesamtemission von As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl 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

4.4.1.2 Messplatzaufbau

Probenahme nach dem Hauptstromverfahren

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	Absaugdüse, Partikelfilter, beheizte Lanze, 2-stufige Absorption, Kondensatgefäß mit Trockenturm, Pumpe mit Gasuhr und Temperaturfühler
Entnahmesonde	Titan, beheizt auf 180 °C, Länge 1,8 m

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

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. 1,8 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
Probennahmesystem	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente SIS
eingestellter Durchfluss	gemäß Isokinetik
Standzeit der Proben	Filter: max. 27 Tage (Analyse am 17.10.2023) Lösungen: max. 6 Tage (Analyse am 26.09.2023)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.4.1.3 Aufbereitung und Auswertung der Messfilter und der Absorptionslösungen

Messfilter (Aufarbeitung des Probenmaterials)	Mikrowellendruckaufschluss mit HNO ₃ /H ₂ O ₂ und Flusssäure
Absorptionslösung	getrennte Vermessung der Absorptionslösungen (ohne weitere Probenaufbereitung) und der Filteraufschlüsse (Teilstrom- oder Hauptstromverfahren)
Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung von Schwermetallen mittels ICP und MS-Detektion
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	ICP-MS (Thermo / ICAP RQ) (PMV11478)
Analysebedingungen	Hot Plasma (ca. 8.000 K)
Standard	6-Punkt-Kalibrierung der Analyten mit geeignetem, massen-abhängigem internen Standard (Rhodium, Scandium, Ruthenium, Germanium, Rhenium)

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

4.4.1.4 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	4 % (bestimmt aus Kontrollstandards und Doppelbestimmungen)

4.4.1.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Blindwertbestimmungen

Element	Planfilter N15	Absorptionslösung BW A
Cd	< 0,0005 mg/l	< 0,0005 mg/l
Tl	< 0,0005 mg/l	< 0,0005 mg/l
Sb	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
As	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Pb	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Cr	0,020 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	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l
Ni	0,020 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 Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung

Messunsicherheit siehe 6.3

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

4.5 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u. Ä.)

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

4.5.1.1 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

4.5.1.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	wasserkühlbare Sonde; Kondensatgefäß; XAD-Kartusche; Pumpe; Massendurchflussmesser mit Temperaturfühler)
Entnahmesonde	wassergekühlte Titansonde mit auswechselbarem Duranglasrohr, Länge 1,5 m
Partikelfilter	Quarzfaserplanfilter vor der letzten Adsorptionsstufe
Absorptionseinrichtung	Kondensatgefäß mit Tauchrohr (2 Liter) und nachgeschalteter Kartusche mit Feststoffadsorbens
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 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente PCDD/F
eingestellter Durchfluss	ca. 1,3 m ³ /h (gemäß Isokinetik)
Abstand zwischen Ansaugöffnung der Entnahmesonde und dem Sorptionsmittel	ca. 1,7 m

4.5.1.3 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. 9 Tage
Zeitraum der Analyse	29.09. – 24.10.2023
Beteiligung eines Fremdlabors	mas münster analytical solutions gmbh, 48149 Münster

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

4.5.1.4 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

4.5.1.5 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeiten)	wird durch Probenaufbereitung minimiert
Bestimmungsgrenze bei 10 m ³ Probenahmeverolumen	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 %

4.5.1.6 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	Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
Messunsicherheit	siehe 6.3

S:\M\PROJ\175M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

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	20.09.2023 11:17-17:17	21.09.2023 11:06-17:06	22.09.2023 06:29-12:29	Blindwert
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	81 %	91 %	83 %	80 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	105 %	108 %	103 %	108 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	94 %	107 %	97 %	100 %

PCB-Wiederfindungsraten

Messung (Datum/Uhrzeit) Standard	20.09.2023 11:17-17:17	21.09.2023 11:06-17:06	22.09.2023 06:29-12:29	Blindwert
¹³ C ₁₂ -PCB 60	93 %	102 %	93 %	97 %
¹³ C ₁₂ -PCB 127	83 %	105 %	102 %	95 %
¹³ C ₁₂ -PCB 159	95 %	107 %	93 %	100 %

4.5.2 Benzo(a)pyren

4.5.2.1 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

4.5.2.2 Messplatzaufbau

siehe Abschnitt 4.5.1.2

4.5.2.3 Probenahme und Nachbehandlung

Nachbehandlung

Auskochen bzw. Spülen der Probenahmeapparatur mit destilliertem H₂O, Toluol und Aceton

Probentransfer

lichtgeschützt, Kondensat und Spüllösung in Braunglasflaschen

Zeitraum zwischen Probenahme und Probenaufbereitung

max. 9 Tage

Zeitraum der Analyse

29.09. – 24.10.2023

Beteiligung eines Fremdlabors

mas | münster analytical solutions gmbh, 48149 Münster (Probenaufbereitung, Extraktion und Analytik)

4.5.2.4 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

4.5.2.5 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 Probenahmenvolumen	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 %

4.5.2.6 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	Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.6 Geruchsemission

entfällt

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Datenbasis: Betreiberangaben und Erhebungen durch Müller-BBM

5.1 Produktionsanlage

Datum		20.09.2023	21.09.2023	22.09.2023
Messzeitraum	Uhrzeit	11:00 – 18:00	11:00 – 18:00	06:00 – 14:00
Betriebsart		Volllast	Volllast	Volllast
Lastfall	%	95 – 106	95 – 106	95 - 106
Dampfmenge	t/h	23 – 25	23 – 25	23 - 25
Erdgasverbrauch Brenner	m ³ /h	0	0	0
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine
besondere Vorkommnisse		keine	keine	keine

5.2 Abgasreinigungsanlagen

Gewebefilter

Datum		20.09.2023	21.09.2023	22.09.2023
Messzeitraum	Uhrzeit	11:00 – 18:00	11:00 – 18:00	06:00 – 14:00
Betriebsart		normal	normal	normal
Filterdruck	mbar	14	14	14
Austragstemperatur	°C	135	135	135
letzte Wartung		06/2023	06/2023	06/2023

Additivzugaben

Datum		20.09.2023	21.09.2023	22.09.2023
Messzeitraum	Uhrzeit	11:00 – 18:00	11:00 – 18:00	06:00 – 14:00
Kalkzugabe	%	0 – 50	0 – 20	0 - 30
Harnstoffzugabe	l/h	8 - 25	8 - 25	8 - 25
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine
besondere Vorkommnisse		keine	keine	keine

6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

6.1 Beurteilung 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. Unter diesen Bedingungen lag zum Messzeitpunkt sowohl eine repräsentative wie auch eine maximale Auslastung (Dampfmenge 23 – 25 t/h) 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).

Für alle Komponenten außer N₂O darf die Umrechnung der Messwerte auf den Bezugssauerstoffgehalt nur für die Zeiten erfolgen, in denen der gemessene Sauerstoffgehalt über dem Bezugswert liegt.

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“).

Anmerkung: (für Anlagen der 17. BImSchV)

Gemäß §18 Absatz 3 der durch Artikel 2 der BImSchV13NG vom 06.07.2021 geänderten 17. BImSchV sind die periodischen Einzelmessungen nur einmal jährlich durchzuführen, wenn der Maximalwert der periodischen Messungen mit einem Vertrauensniveau von 50 % (nach der Richtlinie VDI 2448 Blatt 2, 07/1997) den jeweiligen Emissionsgrenzwert nicht überschreitet.

Tabelle 6.2.1. Messergebnisse Abgasrandbedingungen.

Abgasrandbedingungen									
Datum	Zeit	P	v	T	H ₂ O	O ₂	dV/dt, Betrieb	dV/dt, N,f	dV/dt, N,tr
		hPa	m/s	°C	Vol. %	Vol. %	m ³ /h	m ³ /h, N,f	m ³ /h, N,tr
20.09.2023	11:17-17:17	957	13,3	144	14,4	6,2	60501	37426	32037
21.09.2023	11:06-17:06	948	13,5	144	14,7	6,1	61587	37680	32141
22.09.2023	06:29-12:29	949	12,8	142	15,0	6,2	58430	35971	30576
20.09.2023	15:17-15:47	957	13,2	144	14,6	6,1	60414	37362	31907
21.09.2023	16:12-16:42	948	13,5	146	14,8	6,2	61605	37589	32026
22.09.2023	13:14-13:44	949	11,1	76	14,1	6,3	50412	36975	31761
20.09.2023	12:44-13:14	957	13,4	143	14,5	6,4	61050	37829	32344
20.09.2023	13:53-14:23	957	13,3	144	14,0	6,2	60622	37505	32254
21.09.2023	12:11-12:41	948	13,5	143	15,0	6,0	61556	37762	32097
21.09.2023	13:31-14:01	948	13,5	144	14,5	6,1	61524	37692	32226
22.09.2023	10:47-11:17	949	13,1	139	13,8	6,5	59691	37031	31921
22.09.2023	12:00-12:30	949	12,9	140	14,1	6,2	59045	36579	31421
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	O ₂	N ₂ O	N ₂ O	Up	N ₂ O	Up	
			mg/m ³	Vol.%	mg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	kg/h	kg/h	
					1)	1)3)	2)3)	3)	2)3)	
1	20.09.2023	12:44-13:14	17,40	6,4	11,91	11,9	19,3	0,5	0,9	
2	20.09.2023	13:53-14:23	16,26	6,2	11,00	10,9	19,0	0,5	0,9	
3	21.09.2023	12:11-12:41	22,95	6,0	15,32	15,3	19,0	0,7	0,9	
4	21.09.2023	13:31-14:01	23,48	6,1	15,76	15,7	19,1	0,7	0,9	
5	22.09.2023	10:47-11:17	22,45	6,5	15,47	15,4	19,6	0,7	0,9	
6	22.09.2023	12:00-12:30	17,00	6,2	11,45	11,4	19,0	0,5	0,8	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)						13,4		0,6		
Maximalwert						15,7		0,7		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit						0		0		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit						35		2		
Grenzwert						-		-		
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,65)						26		1		

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		Hg								
Nr	Datum	Zeit	Hg	O ₂	Volumen	Hg	Hg	Up	Hg	Up
			µg/Probe	Vol.%	m ³ N	µg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	mg/m ³ ,N	g/h	g/h
						1)	1)3)	2)3)	3)	2)3)
1	20.09.2023	12:44-13:14	0,02	6,4	0,049	0,36	0,0003	0,0000	0,011	0,002
2	20.09.2023	13:53-14:23	0,01	6,2	0,050	0,23	0,0002	0,0000	0,007	0,001
3	21.09.2023	12:11-12:41	0,02	6,0	0,047	0,42	0,0004	0,0000	0,013	0,002
4	21.09.2023	13:31-14:01	0,01	6,1	0,042	0,20	0,0001	0,0000	0,006	0,001
5	22.09.2023	10:47-11:17	0,02	6,5	0,051	0,40	0,0004	0,0000	0,012	0,002
6	22.09.2023	12:00-12:30	0,01	6,2	0,047	0,27	0,0002	0,0000	0,008	0,001
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)						0,0003		0,010		
Maximalwert						0,0004		0,013		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit						0,00		0,01		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit						0,00		0,02		
Grenzwert						0,03		-		
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,65)						0,00		0,02		

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 HCN

Nr	Datum	Zeit	HCN		Volumen m³N	HCN		Up mg/m³,N	HCN		Up g/h
			mg/Probe	Vol.%		1) mg/m³,N	1)3) mg/m³,N		3) g/h		
1	20.09.2023	12:44-13:14	0,00	6,4	0,052	0,07	0,06	0,02	2,1	0,7	
2	20.09.2023	13:53-14:23	0,00	6,2	0,054	0,00	< 0,06	0,01	< 1,93	0,3	
3	21.09.2023	12:11-12:41	0,00	6,0	0,050	0,00	< 0,06	0,01	< 1,92	0,3	
4	21.09.2023	13:31-14:01	0,00	6,1	0,052	0,00	< 0,06	0,01	< 1,93	0,3	
5	22.09.2023	10:47-11:17	0,01	6,5	0,049	0,26	0,2	0,05	8,4	1,9	
6	22.09.2023	12:00-12:30	0,02	6,2	0,047	0,34	0,3	0,07	10,7	2,2	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							0,1		3,5		
Maximalwert							0,3		10,7		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0		8		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							0		13		
Grenzwert							-		15		
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,65)							0		18		

- 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 HF

Nr	Datum	Zeit	HF		Volumen m³N	HF		Up mg/m³,N	HF		Up g/h
			mg/Probe	Vol.%		1) mg/m³,N	1)3) mg/m³,N		3) g/h		
1	20.09.2023	12:44-13:14	0,00	6,4	0,052	0,00	< 0,06	0,01	< 1,94	0,3	
2	20.09.2023	13:53-14:23	0,00	6,2	0,054	0,00	< 0,06	0,01	< 1,93	0,3	
3	21.09.2023	12:11-12:41	0,00	6,0	0,050	0,00	< 0,06	0,01	< 1,92	0,3	
4	21.09.2023	13:31-14:01	0,00	6,1	0,052	0,00	< 0,06	0,01	< 1,93	0,3	
5	22.09.2023	10:47-11:17	0,00	6,5	0,049	0,00	< 0,06	0,01	< 1,91	0,3	
6	22.09.2023	12:00-12:30	0,00	6,2	0,047	0,00	< 0,06	0,01	< 1,88	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		-		
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,65)							0		0		

- 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

Tabelle 6.2.4. Messergebnisse partikelförmige Messparameter.

Komponente Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV

Nr	Datum	Zeit	O ₂ Vol.%	Volumen m³N	Düse mm	Absaugfehler %	Summe nach Anlage 1 a		Up mg/m³,N	Summe nach Anlage 1 a		Up g/h
							1) µg/m³,N	1)3) mg/m³,N		3) g/h		
1	20.09.2023	15:17-15:47	6,1	0,709	8	12	0,00	0,0000	0,0000	0,000	0,000	
2	21.09.2023	16:12-16:42	6,2	0,707	8	11	0,00	0,0000	0,0000	0,000	0,000	
3	22.09.2023	13:14-13:44	6,3	0,658	8	4	0,00	0,0000	0,0000	0,000	0,000	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)								0,0000		0,000		
Maximalwert								0,0000		0,000		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit								0,00		0,0		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit								0,00		0,0		
Grenzwert								0,05		-		
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,8)								0,00		0,0		

- 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:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

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	O ₂		Volumen m ³ N	Düse mm	Absaugfehler %	Summe nach Anlage 1 b		Up 2)3)	Summe nach Anlage 1 b	
			Vol. %					1) µg/m ³ N	1)3) mg/m ³ N		2)3) mg/m ³ N	3) g/h
1	20.09.2023	15:17-15:47	6,1		0,709	8	12	5,29	0,005	0,000	0,16	0,01
2	21.09.2023	16:12-16:42	6,2		0,707	8	11	3,56	0,003	0,000	0,11	0,01
3	22.09.2023	13:14-13:44	6,3		0,658	8	4	18,52	0,01	0,001	0,58	0,06
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,009		0,29	
Maximalwert									0,01		0,58	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,0		0,5	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,0		0,6	
Grenzwert									0,5		-	
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,8)									0,0		1,0	

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	O ₂		Volumen m ³ N	Düse mm	Absaugfehler %	Summe nach Anlage 1 c		Up 2)3)	Summe nach Anlage 1 c	
			Vol. %					1) µg/m ³ N	1)3) mg/m ³ N		2)3) mg/m ³ N	3) g/h
1	20.09.2023	15:17-15:47	6,1		0,709	8	12	1,35	0,001	0,0001	0,04	0,004
2	21.09.2023	16:12-16:42	6,2		0,707	8	11	1,25	0,001	0,0001	0,04	0,004
3	22.09.2023	13:14-13:44	6,3		0,658	8	4	1,02	0,001	0,0001	0,03	0,003
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,001		0,03	
Maximalwert									0,001		0,04	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,00		0,0	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,00		0,0	
Grenzwert									0,05		-	
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,8)									0,00		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

Tabelle 6.2.5. Messergebnisse besondere hochtoxische Messparameter.

Komponente PCDD/F + dl-PCB

Nr	Datum	Zeit	WHO- TEQ		Volumen m ³ N	Düse mm	Absaugfehler %	WHO- TEQ		Up 2)3)	WHO- TEQ	
			ng/Probe	Vol. %				1) ng/m ³ N	1)3) ng/m ³ N		2)3) ng/m ³ N	3) µg/h
1	20.09.2023	11:17-17:17	0,045	6,2	7,888	8	3	0,006	0,005	0,004	0,18	0,14
2	21.09.2023	11:06-17:06	0,059	6,1	7,919	8	3	0,007	0,007	0,005	0,24	0,17
3	22.09.2023	06:29-12:29	0,806	6,2	7,561	8	4	0,107	0,10	0,03	3,25	1,00
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,03		1,22	
Maximalwert									0,10		3,25	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,1		2,2	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,1		4,3	
Grenzwert									0,1		-	
Vertrauensniveau (50%; Faktor 1,8)									0,2		5,9	

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
Hg	mg/m ³ ,N	0,0004	0,0000	0,00	0,00	indirekt
HCN	mg/m ³ ,N	0,3	0,07	0	0	indirekt
HF	mg/m ³ ,N	0,00	0,01	0	0	indirekt
N ₂ O	mg/m ³ ,N	15,7	19,1	0	35	indirekt
Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	mg/m ³ ,N	0,0000	0,0000	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	mg/m ³ ,N	0,01	0,001	0,0	0,0	indirekt
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	1) mg/m ³ ,N	0,001	0,0001	0,00	0,00	indirekt
PCDD/F + dl-PCB	1) ng/m ³ ,N	0,10	0,03	0,1	0,1	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

**) 50%-Vertrauensniveau des Maximalwertes f_{max,50}

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
Hg	g/h	0,013	0,002	0,01	0,02	indirekt
HCN	g/h	10,7	2,2	8	13	indirekt
HF	g/h	0,00	0,3	0	0	indirekt
N ₂ O	kg/h	0,7	0,9	0	2	indirekt
Schwermetalle (Cd, Tl) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	g/h	0,000	0,000	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	g/h	0,58	0,06	0,5	0,6	indirekt
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	1) g/h	0,04	0,004	0,0	0,0	indirekt
PCDD/F + dl-PCB	1) µg/h	3,25	1,00	2,2	4,3	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

**) 50%-Vertrauensniveau des Maximalwertes f_{max,50}

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.

Ausnahme bildet hierbei die dritte Messung bei den polychlorierten Dioxinen und Furanen (PCDD/F). Die Konzentration liegt deutlich über den Messwerten der vergangenen Jahre. Laut Betreiber konnten am Messtag allerdings keine Auffälligkeiten an der Kesselanlage und der Abgasreinigung festgestellt werden.

Für den Inhalt des Berichtes zeichnen verantwortlich:



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



Staatl. gepr. UTA Raphael Teuber
Qualitätssicherung
Telefon +49(3643)81189-15



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.



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: Mess- und Rechenwerte

Anlage 2: Graphische Darstellung des zeitlichen Verlaufs kontinuierlich gemessener Komponenten

Anlage 3: Prüfmittelkatalog

Anlage 4: Einzelergebnisse PCDD/F, dl-PCB und B(a)p

Anlage 1: Mess- und Rechenwerte

Tabelle 7.1.1. Mess- und Rechenwerte Abgasrandbedingungen/Strömungsprofil.

Projekt-Nr.	M175121		
Betreiber	BHI		
Anlage	EMI_2023		
Messstelle			
Brennstoff			
Betriebszustand	Nennlast	WAF Pos. 10.4, EN16911-1	1,000
Datum	20.09.2023	Faktor Staudrucksonde	1,000
Luftdruck	hPa 957,0	O ₂ -Konzentration	Vol.% 6,0
statischer Druck	hPa -0,4	CO ₂ -Konzentration	Vol.% 14,5
Kanalform	kreisförmig	Abgastemperatur	°C 142,0
Kanaldurchmesser	m 1,27	Abgasfeuchte	Vol.% 12,0
		Abgasfeuchte	g/m ³ 109,6
Kanalfläche	m ² 1,267		
Anzahl der Messachsen	2	Dichte Betrieb	kg/m ³ 0,810
Anzahl der Messpunkte/Achse	4	Dichte N,f	kg/m ³ 1,304
Anzahl der Messpunkte/Ebene	8	Dichte N,tr	kg/m ³ 1,372
Teilfläche	m ² 0,158		

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
10:05	1	85	0,60	12,2	6939	4310	3793
	1	318	0,68	12,9	7369	4578	4028
	1	953	0,67	12,9	7351	4566	4018
	1	1185	0,60	12,2	6959	4322	3804
	2	85	0,70	13,1	7495	4656	4097
	2	318	0,74	13,5	7689	4776	4203
	2	953	0,57	11,8	6744	4189	3686
	2	1185	0,50	11,1	6314	3922	3451
10:20	2	1185	0,50	11,1	6314	3922	3451
		Mittelwert	0,63	12,47			
		Summe			56860	35320	31081

Komponente **Volumenstrom**

Proben	Datum	Zeit	WAF10.4, EN16911-1 1,000														
			SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM	SRM
bezeichn.			T	O ₂	CO ₂	H ₂ O	H ₂ O	P Luft	P stat	P stat	Dichte	Dichte	Dichte	v	dV/dtBetrieb	dV/dt	dV/dtN trocken
							kg/m ³				kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	m/s	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
1	20.09.2023	10:05-10:20	142,0	6,0	14,5	12,0	0,110	957,0	-0,4	956,6	0,810	1,304	1,372	12,5	56860	56860	31081
2	20.09.2023	11:17-17:17	143,7	6,2	13,4	14,4	0,135	957,0	-0,4	956,6	0,794	1,283	1,364	13,3	60501	60501	32037
3	21.09.2023	11:06-17:06	144,4	6,1	13,8	14,7	0,139	948,0	-0,4	947,6	0,786	1,284	1,367	13,5	61587	61587	32141
4	22.09.2023	06:29-12:29	142,2	6,2	13,0	15,0	0,142	949,0	-0,4	948,6	0,787	1,278	1,362	12,8	58430	58430	30576
5	20.09.2023	15:17-15:47	143,8	6,1	13,5	14,6	0,137	957,0	-0,4	956,6	0,793	1,283	1,365	13,2	60414	60414	31907
6	21.09.2023	16:12-16:42	145,5	6,2	13,7	14,8	0,140	948,0	-0,4	947,6	0,783	1,283	1,366	13,5	61605	61605	32026
7	22.09.2023	13:14-13:44	75,5	6,3	13,0	14,1	0,132	949,0	-0,4	948,6	0,941	1,283	1,361	11,1	50412	50412	31761
8	20.09.2023	12:44-13:14	143,0	6,4	13,2	14,5	0,136	957,0	-0,4	956,6	0,794	1,282	1,363	13,4	61050	61050	32344
9	20.09.2023	13:53-14:23	143,7	6,2	13,4	14,0	0,131	957,0	-0,4	956,6	0,795	1,286	1,364	13,3	60622	60622	32254
10	21.09.2023	12:11-12:41	143,3	6,0	13,9	15,0	0,142	948,0	-0,4	947,6	0,787	1,283	1,368	13,5	61556	61556	32097
11	21.09.2023	13:31-14:01	143,8	6,1	13,8	14,5	0,136	948,0	-0,4	947,6	0,787	1,285	1,367	13,5	61524	61524	32226
12	22.09.2023	10:47-11:17	139,1	6,5	12,8	13,8	0,129	949,0	-0,4	948,6	0,796	1,283	1,360	13,1	59691	59691	31921
13	22.09.2023	12:00-12:30	139,6	6,2	13,1	14,1	0,132	949,0	-0,4	948,6	0,795	1,284	1,362	12,9	59045	59045	31421

S:\M\PROJ\175M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

Tabelle 7.1.2. Mess- und Rechenwerte kontinuierliche Messparameter.

Komponente O₂				O ₂	O ₂	Up
Nr	Datum	Zeit	O ₂	1)	1)3)	2)3)
			Vol.%	Vol.%,N	Vol.%,N	Vol.%,N
1	20.09.2023	11:17-17:17	6,21	6,21	6,2	0,2
2	21.09.2023	11:06-17:06	6,12	6,12	6,1	0,2
3	22.09.2023	06:29-12:29	6,22	6,22	6,2	0,2
4	20.09.2023	15:17-15:47	6,14	6,14	6,1	0,2
5	21.09.2023	16:12-16:42	6,21	6,21	6,2	0,2
6	22.09.2023	13:14-13:44	6,33	6,33	6,3	0,2
7	20.09.2023	12:44-13:14	6,39	6,39	6,3	0,2
8	20.09.2023	13:53-14:23	6,21	6,21	6,2	0,2
9	21.09.2023	12:11-12:41	6,02	6,02	6,0	0,2
10	21.09.2023	13:31-14:01	6,10	6,10	6,0	0,2
11	22.09.2023	10:47-11:17	6,49	6,49	6,4	0,2
12	22.09.2023	12:00-12:30	6,16	6,16	6,1	0,2

1) keine O₂-Bezugswertrechnung

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Tabelle 7.1.3. Driften kontinuierliche Messparameter.

Driften N2O	berechnet mit	Maximalwert	Toleranz
Datum	Nullpunkt	Referenzpunkt	
Prüfmittel	0,00	290,14	2,0%
20.09.2023	0,39	279,33	mg/m ³
20.09.2023	1,77	256,56	mg/m ³
Drift [%]	0,6	-8,3	
21.09.2023	0,39	278,94	mg/m ³
21.09.2023	1,57	262,45	mg/m ³
Drift [%]	0,5	-6,1	
22.09.2023	0,79	274,62	mg/m ³
22.09.2023	0,98	280,91	mg/m ³
Drift [%]	0,1	2,1	Driftkorrektur

Hinweis: Die Driften lagen außerhalb der zulässigen Toleranz und wurden korrigiert. Die Werte wurden nicht verworfen, da es sich hierbei um eine Komponente ohne Grenzwert handelt.

Driften O2	berechnet mit	Maximalwert	Toleranz
Datum	Nullpunkt	Referenzpunkt	
Prüfmittel	0,00	20,95	2,0%
20.09.2023	0,00	20,70	Vol.%
20.09.2023	-0,05	20,68	Vol.%
Drift [%]	-0,2	0,1	
21.09.2023	-0,02	20,63	Vol.%
21.09.2023	0,01	20,52	Vol.%
Drift [%]	0,1	-0,7	
22.09.2023	0,00	20,61	Vol.%
22.09.2023	0,01	20,76	Vol.%
Drift [%]	0	0,7	

Tabelle 7.1.4. Mess- und Rechenwerte diskontinuierliche Messparameter.

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.
20.09.2023	12:44-13:14	0,989	0,057	24,0	957	0,049	0,018	0,4	1
20.09.2023	13:53-14:23	0,989	0,059	25,5	957	0,050	0,012	0,2	2
21.09.2023	12:11-12:41	0,989	0,056	28,0	948	0,047	0,020	0,4	3
21.09.2023	13:31-14:01	0,989	0,050	31,0	948	0,042	0,008	0,2	4
22.09.2023	10:47-11:17	0,989	0,058	17,0	949	0,051	0,020	0,4	5
22.09.2023	12:00-12:30	0,989	0,054	17,5	949	0,047	0,013	0,3	6
Blindwert							0,004	0,1	
Bestimmungsgrenze							0,008	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.
20.09.2023	12:44-13:14	0,994	0,060	22,0	957	0,052	0,003	0,1	1
20.09.2023	13:53-14:23	0,994	0,063	24,0	957	0,054	0,000	0,0	2
21.09.2023	12:11-12:41	0,994	0,059	25,5	948	0,050	0,000	0,0	3
21.09.2023	13:31-14:01	0,994	0,061	26,5	948	0,052	0,000	0,0	4
22.09.2023	10:47-11:17	0,994	0,056	14,5	949	0,049	0,013	0,3	5
22.09.2023	12:00-12:30	0,994	0,053	15,0	949	0,047	0,016	0,3	6
Blindwert							0,000	0,0	
Bestimmungsgrenze							0,003	0,1	

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.
20.09.2023	12:44-13:14	0,994	0,060	22,0	957	0,052	0,000	0,0	1
20.09.2023	13:53-14:23	0,994	0,063	24,0	957	0,054	0,000	0,0	2
21.09.2023	12:11-12:41	0,994	0,059	25,5	948	0,050	0,000	0,0	3
21.09.2023	13:31-14:01	0,994	0,061	26,5	948	0,052	0,000	0,0	4
22.09.2023	10:47-11:17	0,994	0,056	14,5	949	0,049	0,000	0,0	5
22.09.2023	12:00-12:30	0,994	0,053	15,0	949	0,047	0,000	0,0	6
Blindwert							0,000	0,0	
Bestimmungsgrenze							0,003	0,1	

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

Komponente H₂O

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse g/Probe	H ₂ O kg/Nm ³	H ₂ O Vol. %
20.09.2023	08:39-09:09	1,009	0,059	15,5	957	0,053	7,70	0,145	15,3
20.09.2023	09:24-09:54	1,009	0,059	16,5	957	0,053	6,80	0,129	13,8
20.09.2023	10:58-11:28	1,009	0,059	20,0	957	0,052	7,00	0,134	14,3
20.09.2023	12:10-12:40	1,009	0,059	21,5	957	0,052	7,10	0,136	14,5
20.09.2023	13:17-13:47	1,009	0,063	21,5	957	0,055	7,20	0,130	13,9
20.09.2023	14:28-14:58	1,009	0,061	25,0	957	0,053	7,30	0,138	14,6
21.09.2023	09:02-09:32	1,009	0,060	19,5	948	0,053	7,70	0,145	15,3
21.09.2023	10:23-10:53	1,009	0,059	23,0	948	0,051	6,90	0,135	14,4
21.09.2023	11:35-12:05	1,009	0,058	25,5	948	0,050	7,10	0,141	14,9
21.09.2023	12:57-13:27	1,009	0,063	25,5	948	0,054	7,40	0,136	14,5
21.09.2023	14:08-14:38	1,009	0,060	27,0	948	0,051	7,10	0,138	14,7
21.09.2023	15:08-15:38	1,009	0,060	28,0	948	0,052	7,20	0,139	14,8
22.09.2023	06:58-07:28	1,009	0,061	13,5	949	0,055	9,00	0,164	16,9
22.09.2023	08:00-08:30	1,009	0,058	14,0	949	0,052	7,40	0,141	15,0
22.09.2023	09:00-09:30	1,009	0,059	14,0	949	0,053	7,60	0,143	15,1
22.09.2023	10:12-10:42	1,009	0,058	14,0	949	0,052	6,70	0,128	13,7
22.09.2023	11:27-11:57	1,009	0,060	15,5	949	0,054	7,10	0,131	14,1

Tabelle 7.1.5. Mess- und Rechenwerte partikelförmige Messparameter.

Komponente SM_17BlmSchV

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	Cd	Tl	Sb	As	Pb	Cr
				filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe
1	20.09.2023	15:17-15:47	0,709	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	21.09.2023	16:12-16:42	0,707	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	22.09.2023	13:14-13:44	0,658	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		BG		0,14	0,14	1,41	1,41	1,41	1,41
		BW		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt
 BG Bestimmungsgrenze
 BW Blindwert

Komponente SM_17BlmSchV

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	Co	Cu	Mn	Ni	V	Sn
				filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe	filtergänglich µg/Probe
1	20.09.2023	15:17-15:47	0,709	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	21.09.2023	16:12-16:42	0,707	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	22.09.2023	13:14-13:44	0,658	0,00	0,00	1,54	7,33	0,00	0,00
		BG		1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
		BW		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt
 BG Bestimmungsgrenze
 BW Blindwert

S:\MPROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

Komponente SM_17BlmSchV

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m³N	Cd partikulär µg/Probe	Tl partikulär µg/Probe	Sb partikulär µg/Probe	As partikulär µg/Probe	Pb partikulär µg/Probe	Cr partikulär µg/Probe
1	20.09.2023	15:17-15:47	0,709	0,00	0,00	0,00	0,00	1,42	0,96
2	21.09.2023	16:12-16:42	0,707	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,88
3	22.09.2023	13:14-13:44	0,658	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	0,67
		BG		0,02	0,02	0,25	0,25	0,25	0,25
		BW		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02

Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt
 BG Bestimmungsgrenze
 BW Blindwert

Komponente SM_17BlmSchV

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m³N	Co partikulär µg/Probe	Cu partikulär µg/Probe	Mn partikulär µg/Probe	Ni partikulär µg/Probe	V partikulär µg/Probe	Sn partikulär µg/Probe
1	20.09.2023	15:17-15:47	0,709	0,00	0,00	0,42	0,95	0,00	0,00
2	21.09.2023	16:12-16:42	0,707	0,00	0,00	0,28	0,99	0,00	0,00
3	22.09.2023	13:14-13:44	0,658	0,00	0,00	0,44	0,97	0,00	0,00
		BG		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
		BW		0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00

Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt
 BG Bestimmungsgrenze
 BW Blindwert

Komponente Hg part

Nr	Datum	Zeit	Hg part µg/Probe	O ₂ Vol.%	Volumen m³N	Hg part 1) µg/m³,N	Hg part 1)3) µg/m³,N	Up 2)3) µg/m³,N
1	20.09.2023	08:59-14:58	0,00	6,5	1,157	0,00	< 0,02	0,00
2	21.09.2023	09:02-15:38	0,00	6,5	1,110	0,00	< 0,02	0,00
3	22.09.2023	06:58-13:03	0,00	6,5	1,112	0,00	< 0,02	0,00

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
- 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
- 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Das partikelförmige Quecksilber wurde aus den Vorfiltern der diskontinuierlichen Probenahmen für HF, Hg, HCl, SO_x, und NH₃ analysiert. Die Normvolumina der Probenahmen wurden aufsummiert.

Tabelle 7.1.6. Mess- und Rechenwerte besondere hochtoxische Messparameter.

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

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m³N	PCDD/F ng/Probe	B(a)P ng/Probe	dl-PCB ng/Probe
1	20.09.2023	11:17-17:17	7,888	0,0445	0,0	0,0038
2	21.09.2023	11:06-17:06	7,919	0,0593	0,0	0,0000
3	22.09.2023	06:29-12:29	7,561	0,8010	0,0	0,0051
		BG		0,0063	10,0	0,0041
		BW		0,0015	0,0	0,0000

Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt
 BG Bestimmungsgrenze
 BW Blindwert

Anlage 2: Graphische Darstellung des Verlaufs kontinuierlich gemessener Komponenten

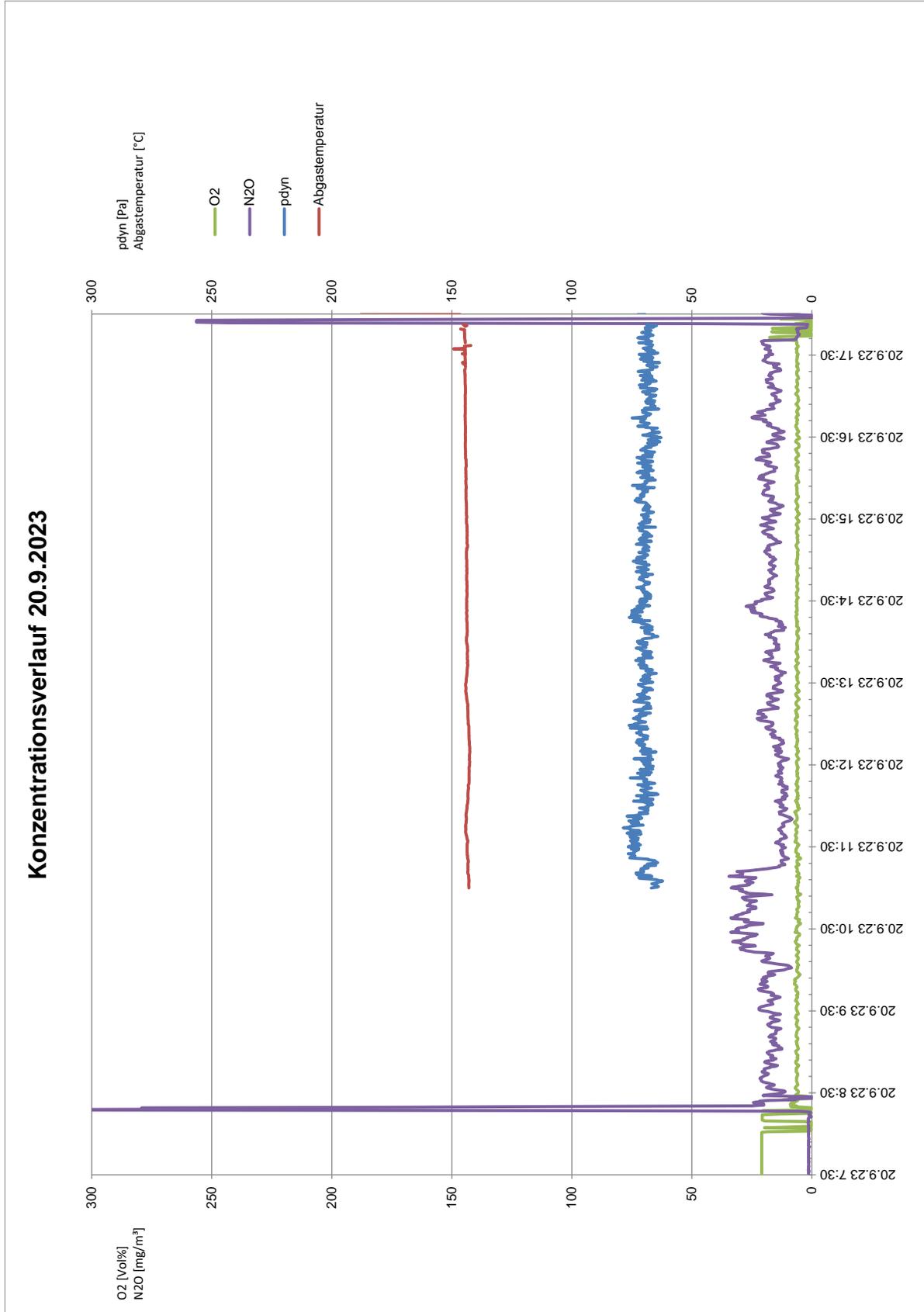


Abbildung 7.2.1. Graphischer Verlauf.

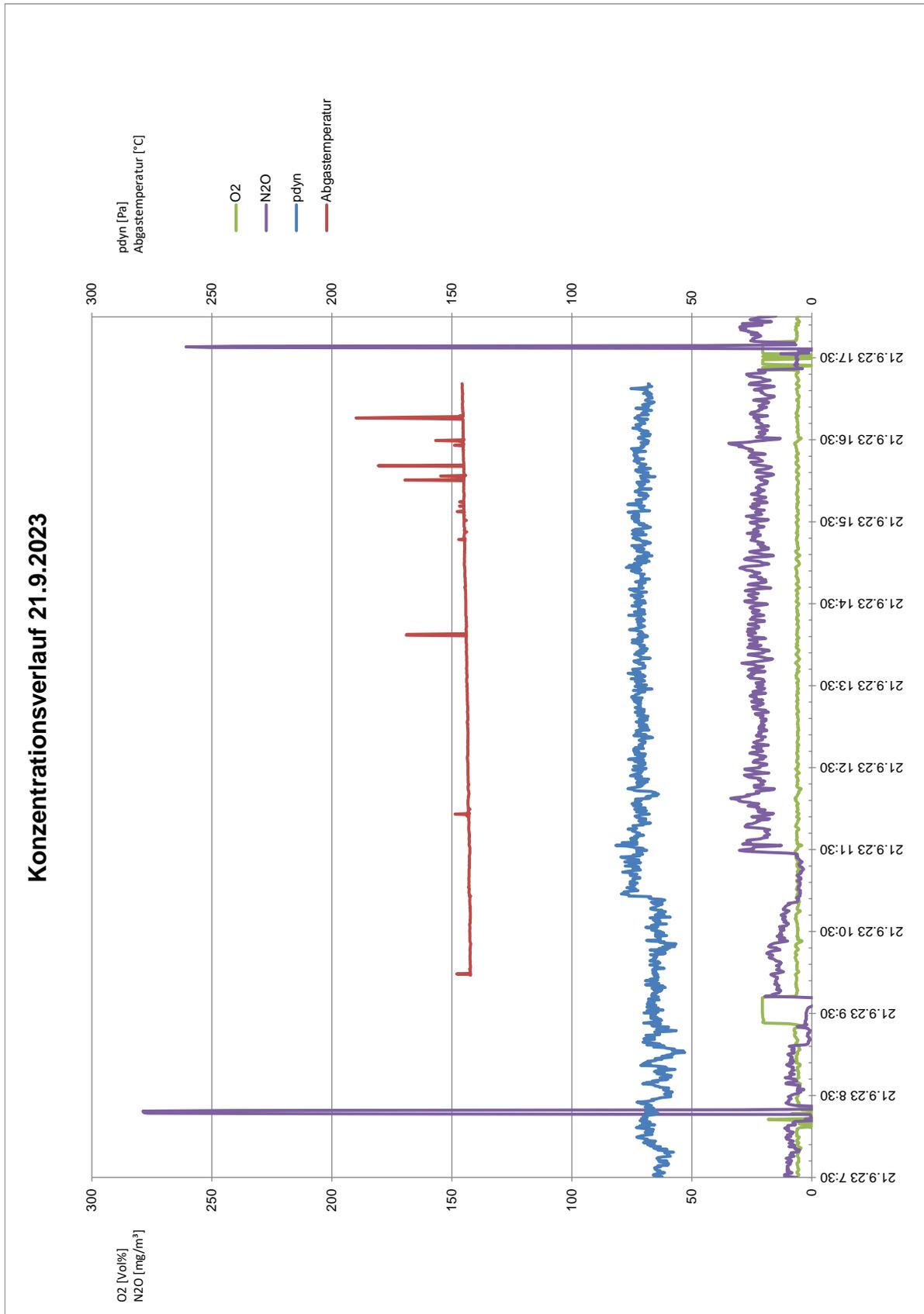


Abbildung 7.2.2. Graphischer Verlauf.

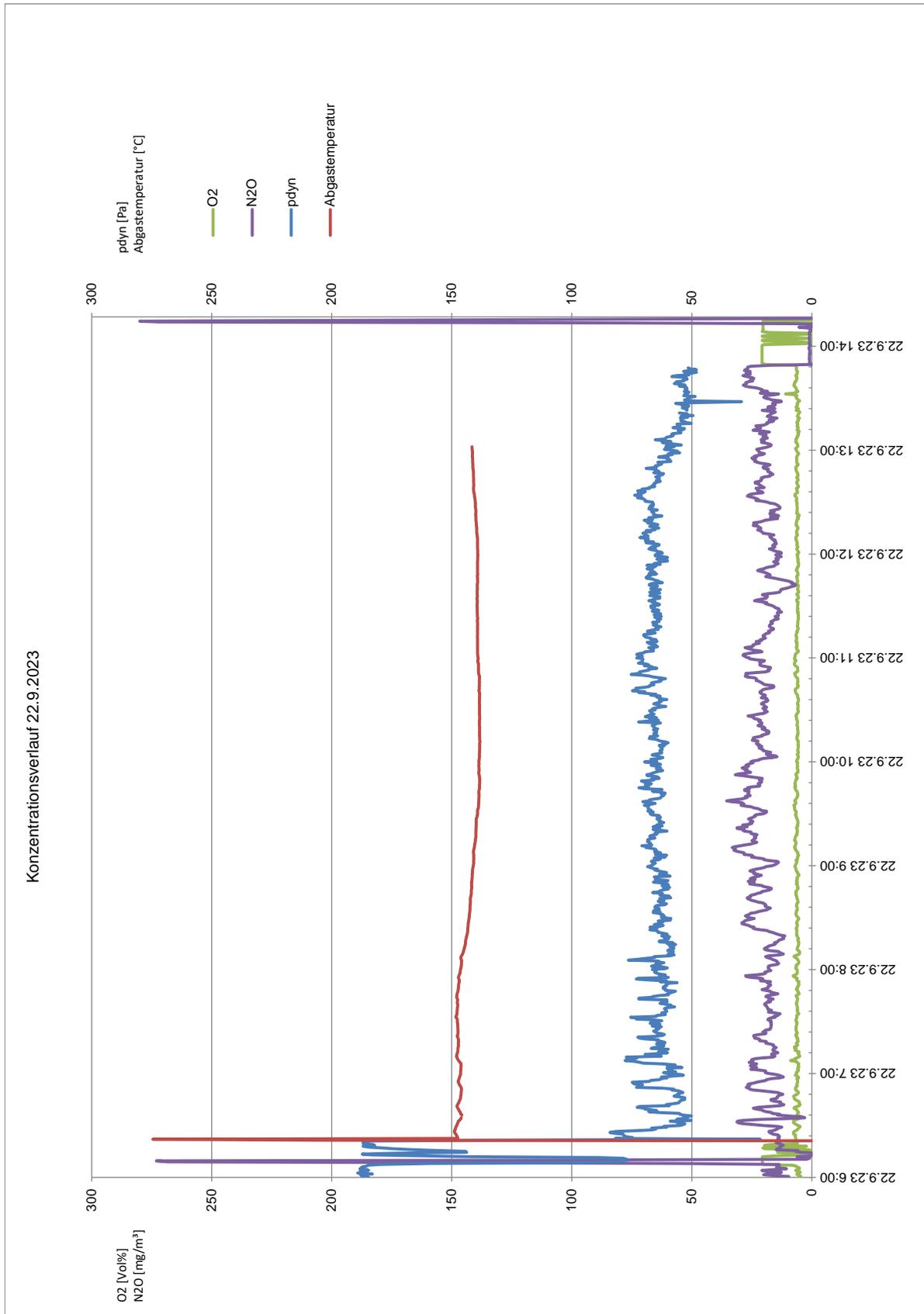


Abbildung 7.2.3. Graphischer Verlauf.

Anlage 3: Prüfmittelkatalog

Messkomponente	Prüfmittel-Nr.	Hersteller	Typ	letzte Überprüfung	Prüfintervall	Eignungsbekanntgabe / Prüfbericht
T	6068	Greisinger	GMH3251	06. 2023	12 Monate	
pdyn, pstat	12444	Greisinger	GMH 3156	06. 2023	12 Monate	
patm	8336	Greisinger	GDH12AN	06. 2023	12 Monate	
H2O	7296	Sartorius	LC4200	08. 2023	12 Monate	
SIS	8038	Kromschroder	BK-G4	12. 2022	12 Monate	
PCDDF	9831	Müller-BBM	ISO1.1	01. 2023	12 Monate	
H2O	10236	ltron	G1.6	04. 2023	12 Monate	
Hg	10899	ltron	G1.6	09. 2023	12 Monate	
HF	10951	ltron	G1.6	12. 2022	12 Monate	
N2O	12154	SICK	GMS-810	07. 2023	12 Monate	BAnz AT 2010, Heft 111, S. 2598 TUV Rheinland, Berichtsnummer 936/212111670/B vom 26.03.2017 BAnz 2012, Nr. 36, S. 920 vom 02.03.2012
O2, CO2	12486	Horiba	PG-350EDR	02. 2023	12 Monate	TUV Rheinland, Berichtsnummer 936/21217568/A vom 18.10.2011 BAnz AT 05.03.2013 B10 TUV Rheinland, Berichtsnummer 936/21217617/A vom 05.10.2012

Anlage 4: Einzelergebnisse PCDD/F, dl-PCB und B(a)p

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 1 von 23



Auftraggeber: Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Nürnberg
Fürther Str. 35
90513 Zirndorf

Tel.: 0911 600445-0
Fax: 0911 600445-11
E-Mail: frank.ellner-schuberth@mbbm-ind.com

Auftrag / Projekt: M175 121 / B01

mas-Ansprechpartner:
Dr. Peter Luthardt
Wilhelm-Schickard-Straße 5
48149 Münster

Tel.: +49 (0) 251 384415-15
Fax: +49 (0) 251 384415-01
E-Mail: p.luthardt@mas-tp.com

mas-Auftrag: 23-2133

Prüfung: Analyse von Abgasproben auf polychlorierte und polybromierte Dibenzo(p)-dioxine (**PCDD und PBDD**) und polychlorierte und polybromierte Dibenzofurane (**PCDF und PBDF**), auf polychlorierte Biphenyle (hier: **WHO-PCB**), sowie auf Benzo[a]pyren (**B[a]P**)

Prüfgegenstand:

Probenbezeichnung Auftraggeber	Probenart	Proben-Ansicht	mas-Probennummer
M175121 - 1	Abgasprobe	2 Kartuschen + Kondensat	23-2133-001
M175121 - 2	Abgasprobe	2 Kartuschen + Kondensat	23-2133-002
M175121 - 3	Abgasprobe	2 Kartuschen + Kondensat	23-2133-003
M175121 - BW	Blindprobe Abgas	2 Kartuschen + Kondensat	23-2133-004

Probeneingang: 28.09.2023

Probenahme: Die Proben wurden der mas gmbh vom Auftraggeber zugesandt.

Prüfbeginn: 29.09.2023 **Prüfende:** 24.10.2023

Prüfverfahren: D/F: DIN EN 1948, Blatt 2/3:2006-06 in Verbindung mit MAS_PA031:2020-11.
PBDD/F: MAS_PA001:2021-03
dl-PCB: DIN EN 1948, Blatt 4:2014-03 i.V.m. MAS_PA031:2020-11
B[a]P: VDI 3874:2006-12 in Verbindung mit MAS_PA046:2013-09.
Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

 <small>Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-19582-01-00</small> <small>Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018</small>	<p>Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden.</p>
--	--

Probenvorbereitung und Extraktion

- HCl-Aufschluß des Filters, Filtration des Kondensats, Trocknung des Filtrerrückstandes und des XAD-Harzes
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCDD/F- und PCB-Quantifizierungsstandards
- Soxhlet-Extraktion der Kompartimente mit Toluol/Aceton
- Teilung des Gesamtextraktes zur Analyse auf die verschiedenen Parameter

PCDD/F-, PCB-, PBDD/F-Analyse

- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten Quantifizierungsstandards
- mehrstufiges Extrakt clean-up
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten Wiederfindungsstandards
- HRGC/HRMS Analyse
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode)

B[a]P-Analyse

- Zugabe von deuteriertem Benzo[a]pyren als internen Standard zu einem Aliquot des Extraktes
- säulenchromatographisches clean-up des Extraktes
- Zugabe des D_{12} -markierten Perylens als Wiederfindungsstandard
- HRGC/LRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen deuterierten Standards (Isotopenverdünnungsmethode)

Bemerkungen: Die Prüfergebnisse sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Die Angaben wurden jeweils auf die Gesamtprobe bezogen.

Die Toxizitätsäquivalent-Faktoren (TE-Faktoren) nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO (WHO-TEF), sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung für die hier untersuchten Parameter, sind im Anhang aufgeführt.

Die TEQ-Werte für die PBDD/F wurden orientierend berechnet unter Verwendung der nach dem NATO/CCMS- bzw. WHO 2005 Modell für die analog chlorierten Dioxine/Furane festgelegten TE-Faktoren.

Kommentare: Eine Einordnung oder Bewertung der Analysenergebnisse bleibt dem

  <small>Deutsche Akreditierungsstelle D-PL-19582-01-00 Akreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018</small>	<p>Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden.</p>
---	--

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01
Datum: 2023-10-27 • Seite: 3 von 23



Auftraggeber vorbehalten.

Münster, den 27.10.2023

Dieser Prüfbericht wurde von Franz Jöne freigegeben.
Der Prüfbericht ist auch ohne Unterschrift gültig.

 <p>Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018</p>	<p>Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden.</p>
--	--

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 4 von 23

**Tab. 01: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf PCDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 1		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		23-2133-001		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PCDD 2378-Kongenere				
2378-TetraCDD	ng/Probe	0,00728	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDD	ng/Probe	0,00750	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDD	ng/Probe	0,00501	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDD	ng/Probe	0,00857	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDD	ng/Probe	0,00600	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDD	ng/Probe	0,0494	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDD	ng/Probe	0,0891	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF 2378-Kongenere				
2378-TetraCDF	ng/Probe	0,0365	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	0,0307	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	0,0353	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDF	ng/Probe	0,0248	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDF	ng/Probe	0,0343	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDF	ng/Probe	0,00406	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
234678-HexaCDF	ng/Probe	0,0486	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDF	ng/Probe	0,0957	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
1234789-HeptaCDF	ng/Probe	nd	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDF	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD Summen				
Summe TetraCDD	ng/Probe	0,151		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	0,0989		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	0,113		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	0,109		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	0,0891	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	1,46		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	0,734		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	0,362		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDF	ng/Probe	0,137		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDF	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F Summen				
Summe Tetra- bis OctaCDD ^a	ng/Probe	0,562		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	2,69		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	3,26		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	0,0485		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0487	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,0445		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,0447	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	81		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	105		DIN EN 1948, 2/3
WF-1234789-HeptaCDF-PS	%	94		DIN EN 1948, 2/3

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 5 von 23

**Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf ausgewählte PBDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 1		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		23-2133-001		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PBDD 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDD ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
123478/123678-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
123789-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
PBDF 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDF ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
23478-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
TEQ-Werte				
I-TEQ 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
I-TEQ 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0345	0,0345	MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0401	0,0401	MAS_PA001

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 6 von 23

**Tab. 03: Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 1		
Probenart mas-Probennummer		Abgasprobe 23-2133-001		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
Non-ortho WHO-PCB				
PCB 77	ng/Probe	2,93	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 81	ng/Probe	0,190	0,0500	DIN EN 1948, 4
PCB 126	ng/Probe	0,0288	0,0250	DIN EN 1948, 4
PCB 169	ng/Probe	nd	0,0500	DIN EN 1948, 4
Mono-ortho WHO-PCB				
PCB 105	ng/Probe	5,36	0,500	DIN EN 1948, 4
PCB 114	ng/Probe	0,629	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 118	ng/Probe	13,6	1,00	DIN EN 1948, 4
PCB 123	ng/Probe	0,356	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 156	ng/Probe	0,283	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 157	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 167	ng/Probe	0,132	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 189	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ-Werte				
WHO-PCB-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,00384		DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00534	0,00409	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	93		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	83		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	95		DIN EN 1948, 4

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 7 von 23

**Tab. 04: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe****Probenbezeichnung Auftraggeber****M175121 - 1**Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
23-2133-001

Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PAK Komponenten				
Benzo[a]pyren	µg/Probe	nd	0,0100	VDI 3874

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 8 von 23

**Tab. 05: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf PCDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 2		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		23-2133-002		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PCDD 2378-Kongenere				
2378-TetraCDD	ng/Probe	0,00857	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDD	ng/Probe	0,0110	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDD	ng/Probe	0,00659	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDD	ng/Probe	0,0130	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDD	ng/Probe	0,00788	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDD	ng/Probe	0,0849	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDD	ng/Probe	0,149	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF 2378-Kongenere				
2378-TetraCDF	ng/Probe	0,0437	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	0,0395	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	0,0427	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDF	ng/Probe	0,0330	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDF	ng/Probe	0,0492	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDF	ng/Probe	0,00633	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
234678-HexaCDF	ng/Probe	0,0705	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDF	ng/Probe	0,164	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
1234789-HeptaCDF	ng/Probe	0,0167	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDF	ng/Probe	0,0500	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD Summen				
Summe TetraCDD	ng/Probe	0,172		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	0,135		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	0,167		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	0,177		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	0,149	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	1,63		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	0,859		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	0,484		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDF	ng/Probe	0,253		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDF	ng/Probe	0,0500	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F Summen				
Summe Tetra- bis OctaCDD ^a	ng/Probe	0,799		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	3,27		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	4,07		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	0,0633		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0633	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,0593		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,0593	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	91		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	108		DIN EN 1948, 2/3
WF-1234789-HeptaCDF-PS	%	107		DIN EN 1948, 2/3

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 9 von 23

**Tab. 06: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf ausgewählte PBDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 2		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		23-2133-002		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PBDD 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDD ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
123478/123678-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
123789-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
PBDF 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDF ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
23478-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
TEQ-Werte				
I-TEQ 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
I-TEQ 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0345	0,0345	MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0401	0,0401	MAS_PA001

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 10 von 23

**Tab. 07: Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 2		
Probenart mas-Probennummer		Abgasprobe 23-2133-002		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
Non-ortho WHO-PCB				
PCB 77	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 81	ng/Probe	nd	0,0500	DIN EN 1948, 4
PCB 126	ng/Probe	nd	0,0250	DIN EN 1948, 4
PCB 169	ng/Probe	nd	0,0500	DIN EN 1948, 4
Mono-ortho WHO-PCB				
PCB 105	ng/Probe	nd	0,500	DIN EN 1948, 4
PCB 114	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 118	ng/Probe	nd	1,00	DIN EN 1948, 4
PCB 123	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 156	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 157	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 167	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 189	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ-Werte				
WHO-PCB-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00409	0,00409	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	102		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	105		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	107		DIN EN 1948, 4

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01
 Datum: 2023-10-27 • Seite: 11 von 23



**Tab. 08: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren;
 Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 - 2

Probenart
 mas-Probennummer

Abgasprobe
 23-2133-002

Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PAK Komponenten				
Benzo[a]pyren	µg/Probe	nd	0,0100	VDI 3874

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 12 von 23



Tab. 09: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf PCDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 3		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		23-2133-003		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PCDD 2378-Kongenere				
2378-TetraCDD	ng/Probe	0,0993	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDD	ng/Probe	0,303	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDD	ng/Probe	0,241	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDD	ng/Probe	0,568	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDD	ng/Probe	0,488	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDD	ng/Probe	2,88	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDD	ng/Probe	4,42	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF 2378-Kongenere				
2378-TetraCDF	ng/Probe	0,263	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	0,268	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	0,308	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDF	ng/Probe	0,273	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDF	ng/Probe	0,304	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDF	ng/Probe	0,0501	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
234678-HexaCDF	ng/Probe	0,364	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDF	ng/Probe	1,07	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
1234789-HeptaCDF	ng/Probe	0,127	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDF	ng/Probe	0,359	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD Summen				
Summe TetraCDD	ng/Probe	1,84		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	2,89		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	4,33		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	5,10		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	4,42	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	7,06		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	4,23		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	2,72		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDF	ng/Probe	1,58		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDF	ng/Probe	0,359	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F Summen				
Summe Tetra- bis OctaCDD ^a	ng/Probe	18,6		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	15,9		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	34,5		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	0,719		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,719	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,801		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,801	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	83		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	103		DIN EN 1948, 2/3
WF-1234789-HeptaCDF-PS	%	97		DIN EN 1948, 2/3

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 13 von 23

**Tab. 10: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf ausgewählte PBDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 3		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		23-2133-003		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PBDD 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDD ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
123478/123678-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
123789-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
PBDF 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDF ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
23478-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
TEQ-Werte				
I-TEQ 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
I-TEQ 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0345	0,0345	MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0401	0,0401	MAS_PA001

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 14 von 23

**Tab. 11: Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - 3		
Probenart mas-Probennummer		Abgasprobe 23-2133-003		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
Non-ortho WHO-PCB				
PCB 77	ng/Probe	0,124	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 81	ng/Probe	nd	0,0500	DIN EN 1948, 4
PCB 126	ng/Probe	0,0508	0,0250	DIN EN 1948, 4
PCB 169	ng/Probe	nd	0,0500	DIN EN 1948, 4
Mono-ortho WHO-PCB				
PCB 105	ng/Probe	nd	0,500	DIN EN 1948, 4
PCB 114	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 118	ng/Probe	nd	1,00	DIN EN 1948, 4
PCB 123	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 156	ng/Probe	0,114	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 157	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 167	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 189	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ-Werte				
WHO-PCB-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,00509		DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00667	0,00409	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	93		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	102		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	93		DIN EN 1948, 4

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 15 von 23

**Tab. 12: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe****Probenbezeichnung Auftraggeber****M175121 - 3**Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
23-2133-003

Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PAK Komponenten				
Benzo[a]pyren	µg/Probe	nd	0,0100	VDI 3874

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Tab. 13: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf PCDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - BW		
Probenart mas-Probennummer		Blindprobe Abgas 23-2133-004		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PCDD 2378-Kongenere				
2378-TetraCDD	ng/Probe	nd	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDD	ng/Probe	nd	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDD	ng/Probe	nd	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDD	ng/Probe	0,00329	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDD	ng/Probe	nd	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDD	ng/Probe	nd	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDD	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF 2378-Kongenere				
2378-TetraCDF	ng/Probe	0,00252	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	nd	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	0,00312	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
123478-HexaCDF	ng/Probe	nd	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123678-HexaCDF	ng/Probe	nd	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
123789-HexaCDF	ng/Probe	nd	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
234678-HexaCDF	ng/Probe	nd	0,00300	DIN EN 1948, 2/3
1234678-HeptaCDF	ng/Probe	nd	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
1234789-HeptaCDF	ng/Probe	nd	0,0150	DIN EN 1948, 2/3
12346789-OctaCDF	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD Summen				
Summe TetraCDD	ng/Probe	0,0638		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	0,0393		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	0,0281		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	0,0153		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	0,136		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	0,0413		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	0,00928		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDF	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDF	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F Summen				
Summe Tetra- bis OctaCDD ^a	ng/Probe	0,147		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	0,187		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	0,333		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	0,00214		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,00658	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,00152		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00685	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	80		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	108		DIN EN 1948, 2/3
WF-1234789-HeptaCDF-PS	%	100		DIN EN 1948, 2/3

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 17 von 23

**Tab. 14: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf ausgewählte PBDD/F; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - BW		
Probenart mas-Probennummer		Blindprobe Abgas 23-2133-004		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PBDD 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDD ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
123478/123678-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
123789-HexaBDD ^k	ng/Probe	nd	0,0400	MAS_PA001
PBDF 2378-Kongenerere				
2378-TetraBDF ^k	ng/Probe	nd	0,00500	MAS_PA001
12378-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
23478-PentaBDF ^k	ng/Probe	nd	0,0200	MAS_PA001
TEQ-Werte				
I-TEQ 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
I-TEQ 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0345	0,0345	MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		MAS_PA001
WHO 8 PBDD/F inklusive BG ^b	ng/Probe	0,0401	0,0401	MAS_PA001

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01

Datum: 2023-10-27 • Seite: 18 von 23

**Tab. 15:** Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 - BW		
Probenart mas-Probennummer		Blindprobe Abgas 23-2133-004		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
Non-ortho WHO-PCB				
PCB 77	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 81	ng/Probe	nd	0,0500	DIN EN 1948, 4
PCB 126	ng/Probe	nd	0,0250	DIN EN 1948, 4
PCB 169	ng/Probe	nd	0,0500	DIN EN 1948, 4
Mono-ortho WHO-PCB				
PCB 105	ng/Probe	nd	0,500	DIN EN 1948, 4
PCB 114	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 118	ng/Probe	nd	1,00	DIN EN 1948, 4
PCB 123	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 156	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 157	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 167	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
PCB 189	ng/Probe	nd	0,100	DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ-Werte				
WHO-PCB-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 4
WHO-PCB-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00409	0,00409	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	97		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	95		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	100		DIN EN 1948, 4

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

Prüfbericht Nr. 1301 23-2133 P01
 Datum: 2023-10-27 • Seite: 19 von 23



**Tab. 16: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren;
 Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 - BW

Probenart
 mas-Probennummer

Blindprobe Abgas
 23-2133-004

Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PAK Komponenten				
Benzo[a]pyren	µg/Probe	nd	0,0100	VDI 3874

Die Erläuterungen zu den Indizes entnehmen sie bitte der Legende im Anschluss an die Ergebnistabellen.

mas | münster analytical solutions gmbh · Technologiepark Münster · Wilhelm-Schickard-Straße 5 · 48149 Münster · Internet: www.mas-tp.com

S:\M\PROJ\175\M175121\M175121_02_BER_1D.DOCX:23. 11. 2023

Legende

- * Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen
- nd nicht detektiert oberhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere (Konzentrationsuntergrenze)
- b Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenze (BG) für nicht quantifizierte Kongenere (Konzentrationsobergrenze)
- k Maximalwert, da Koelutionen mit anderen Kongeneren der gleichen Homologengruppe nicht auszuschließen sind

TE-Faktoren nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur relativen erweiterten Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der PCDD/F

PCDD/F Kongenere	Strukturformel	TE-Faktoren		Relative Messunsicherheit %
		NATO/CCMS 1988	WHO 2005	
2378-TetraCDD		1,0	1,0	26,7
12378-PentaCDD		0,5	1,0	22,8
123478-HexaCDD		0,1	0,1	34,1
123678-HexaCDD		0,1	0,1	25,9
123789-HexaCDD		0,1	0,1	21,6
1234678-HeptaCDD		0,01	0,01	89,4
OctaCDD		0,001	0,0003	96,4
2378-TetraCDF		0,1	0,1	27,0
12378-PentaCDF		0,05	0,03	23,6
23478-PentaCDF		0,5	0,3	28,6
123478-HexaCDF		0,1	0,1	27,9
123678-HexaCDF		0,1	0,1	21,7
123789-HexaCDF		0,1	0,1	21,7
234678-HexaCDF		0,1	0,1	21,8
1234678-HeptaCDF		0,01	0,01	23,5
1234789-HeptaCDF		0,01	0,01	24,8
OctaCDF		0,001	0,0003	25,7
I-TEQ				23,9
WHO-TEQ 2005				23,5

Die Messunsicherheit wurde nach DIN ISO 11352:2013-03 abgeleitet. Sie stellt die erweiterte Unsicherheit dar und wurde mit einem Erweiterungsfaktor von k=2 erhalten. Dies entspricht einem Vertrauensniveau von ungefähr 95 %.

TE-Faktoren nach WHO 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur relativen erweiterten Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der dl-PCB (WHO-PCB)

PCB Kongener	Strukturformel	WHO 2005	Relative Messunsicherheit %
non-ortho PCB			
PCB 77		0,0001	29,3
PCB 81		0,0003	27,7
PCB 126		0,1	29,5
PCB 169		0,03	30,4
mono-ortho PCB			
PCB 105		0,00003	37,3
PCB 114		0,00003	30,7
PCB 118		0,00003	34,2
PCB 123		0,00003	50,4
PCB 156		0,00003	34,3
PCB 157		0,00003	31,4
PCB 167		0,00003	27,5
PCB 189		0,00003	34,7
WHO-TEQ 2005			28,6

Die Messunsicherheit wurde nach DIN ISO 11352:2013-03 abgeleitet. Sie stellt die erweiterte Unsicherheit dar und wurde mit einem Erweiterungsfaktor von k=2 erhalten. Dies entspricht einem Vertrauensniveau von ungefähr 95 %.

Relative erweiterte Messunsicherheit für die Bestimmung von Benzo[a]pyren mittels HRGC/LRMS unter Verwendung eines internen deuterierten Benzo[a]pyren-Standards

PAK-Komponente	Strukturformel	Relative Messunsicherheit %
Benzo[a]pyren		24,0

Die Messunsicherheit wurde nach DIN ISO 11352:2013-03 abgeleitet. Sie stellt die erweiterte Unsicherheit dar und wurde mit einem Erweiterungsfaktor von $k=2$ erhalten. Dies entspricht einem Vertrauensniveau von ungefähr 95 %.