

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

07. August 2025
M175121/09 Version 1 ELR/TKI

BHI GmbH

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen 2025

Biomasseheizkraftwerk Ilmenau

Bericht Nr. M175121/09

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:	21.-23.05.2025
Berichtsumfang:	insgesamt 59 Seiten inkl. 29 Seiten Anlagen

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

Geschäftsführer:
Joachim Bittner,
Manuel Männel,
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	Vertrauensgrenze**)	Betriebszustand
Hg	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,01	0,00	Volllast Dampfmenge 23 - 25 t/h
HCN	mg/m ³ ,N	0	0	-	0	
HF	mg/m ³ ,N	0,0	0,0	0,9	0,0	
N ₂ O	mg/m ³ ,N	0	43	-	32	
Schwermetalle (Cd, Ti) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,02	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	0,3	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	2) ng/m ³ ,N	0,00	0,00	0,08	0,00	
*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht						
**) obere Vertrauensgrenze, berechnet auf Grundlage des 50%-Vertrauensniveaus des Maximalwertes $f_{\max,50}$						
1) teilweise Fremdanalytik (Benzo(a)pyren) (siehe 1.12)						
2) 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	Vertrauensgrenze**)	Betriebszustand
Hg	g/h	0,01	0,01	-	0,01	Volllast Dampfmenge 23 - 25 t/h
HCN	g/h	4	7	15	8	
HF	g/h	0	0	-	0	
N ₂ O	kg/h	0	2	-	1	
Schwermetalle (Cd, Ti) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 a der 17. BImSchV	g/h	0,0	0,0	-	0,0	
Schwermetalle (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) nach § 8 (1) 3, Anlage 1 b der 17. BImSchV	g/h	0,1	0,1	-	0,1	
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	1) g/h	0,0	0,0	-	0,0	
PCDD/F + dl-PCB	2) mg/h	0,0	0,0	-	0,0	
*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht						
**) obere Vertrauensgrenze, berechnet auf Grundlage des 50%-Vertrauensniveaus des Maximalwertes $f_{\max,50}$						
1) teilweise Fremdanalytik (Benzo(a)pyren) (siehe 1.12)						
2) Fremdanalytik (siehe 1.12)						
$Y_{\max}$: 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“).

Gemäß § 18 Absatz 3 der 17. BImSchV vom 13.02.2024 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	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	14
4.4	Messverfahren für partikelförmige Emissionen	17
4.5	Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u. ä.)	19
4.6	Geruchsemissionen	23
5	Betriebszustand der Anlage während der Messungen	24
5.1	Produktionsanlage	24
5.2	Abgasreinigungsanlagen	24
6	Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion	25
6.1	Beurteilung der Betriebsbedingungen während der Messungen	25
6.2	Messergebnisse	25
6.3	Messunsicherheiten	29
6.4	Diskussion der Ergebnisse	30
7	Anlagen	31

1 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

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	21.-23.05.2025
Datum der letzten Messung	20.-23.05.2024
Datum der nächsten Messung	2026

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 bzw. gemäß 17.BImSchV:

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	8	40
e)	Fluorwasserstoff ¹⁾	0,9	4
f)	Schwefeldioxid	40	200
g)	Stickstoffdioxid	150	400
h)	Quecksilber ²⁾	0,01	0,035
i)	Cd, Tl	--	0,02
j)	Sb....Sn (17. BImSchV)	--	0,3
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)	0,08 ng I-TEq/Nm ³	--
Sauerstoff- Bezugswert		11,0 Vol.-%	11,0 Vol.-%

¹⁾ Auf die kontinuierliche Messung kann verzichtet werden, wenn die Grenzwerteinhalten (< 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), g) und l) 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, Distickstoffdioxid, Quecksilber
partikelförmige Emissionen	staub- und gasförmige Schwermetalle nach 17. BImSchV (Cd, Tl, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)
besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe	PCDD/F + dl-PCB (gemäß 17. BImSchV, Anlage 2), Benzo(a)pyren

1.9 Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

- ☐ durchgeführt am
- ☒ 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 08.05.2025 in Form eines ausführlichen Messplanes übermittelt.

1.11 An den Arbeiten beteiligte Personen

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

Projektleiter

B. Eng. Katharina Most

Messingenieurin

Aufgrund der Größe und Überschaubarkeit der untersuchten Anlage sowie des begrenzten Messumfangs war es möglich, dass die Messungen von nur einer Person durchgeführt wurden.

1.12 Beteiligung weiterer Institute

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

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

1.13 Fachlich Verantwortlicher

Name

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Hempfling

Telefon-Nr.

+49(89)85602-0

E-Mail-Adresse

Stephan.Hempfling@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 m³/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:	Mehrkommerfilter
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
Abreinigungsrythmus:	differenzdruckgesteuert
letzter Filterwechsel:	Erstbestückung nach Umbau

Das Additivsilo 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
Abreinigungsrythmus:	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	☒ im Freien	☐ im Gebäude
	☐ vor Saugzug	☒ nach Saugzug
	☒ im Kamin	☐ 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 $\geq 5 \cdot D_h$ Einlauf und $2 \cdot D_h$ Auslauf ($5 \cdot D_h$ vor Mündung)	☒ erfüllt	☐ 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 $< 15^\circ$	☒ erfüllt	☐ nicht erfüllt
keine lokale negative Strömung	☒ erfüllt	☐ nicht erfüllt
Verhältnis von höchster zu niedrigster Geschwindigkeit im Messquerschnitt $< 3 : 1$	☒ erfüllt	☐ nicht erfüllt
Mindestgeschwindigkeit (in Abhängigkeit vom verwendeten Messverfahren)	☒ erfüllt	☐ nicht erfüllt

3.1.5 Zusammenfassende Beurteilung der Messbedingungen

Messbedingungen nach DIN EN 15259	☒ erfüllt	☐ 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 Anzahl Messachsen	2
gewählte 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)	☒ Messung an einem beliebigen Punkt ☐ Messung an einem repräsentativen Punkt: Messachse x, Messpunkt x ☐ Netzmessung

3.2.3 Komponentenspezifische Darstellung

Messkomponente	Anzahl der Messachsen	Anzahl der Messpunkte je Messachse	Homogenitäts- prüfung durchgeführt	beliebiger Messpunkt	repräsentativer Messpunkt	Netzmessung
O ₂ , N ₂ O	1	1	☐	☒	☐	☐
HF, HCN, Hg	1	1	☐	☒	☐	☐
Schwermetalle	2	4	☐	☐	☐	☒
PCDD/F, dl-PCB, B(a)p	2	4	☐	☐	☐	☒

4 Messverfahren und Messeinrichtungen

4.1 Abgasrandbedingungen

4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

Messverfahren	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
sowie	
Messverfahren	Übernahme der Daten der betreibereigenen kalibrierten Messeinrichtung

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)

Distickstoffmonoxid (N₂O)

4.2.2 Messverfahren

O₂

magnetische Suszeptibilität, DIN EN 14789 (2017-05)

N₂O

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

Müller-BBM-Prüfanweisungen

16-1A09 (N₂O); 16-1A10 (O₂)

4.2.3 Analysatoren

O₂ (Hersteller/Typ/Nummer/...)

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente O₂

N₂O (Hersteller/Typ/Nummer/...)

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente N₂O

4.2.4 Eingestellter Messbereich

O₂

0... 25 Vol.-%

N₂O

0... 150 ppm / 0... 288 mg/m³

4.2.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde

Edelstahl, beheizt auf Abgastemperatur, Länge 0,5 m

Partikelfilter

Sintermetallfilter, innenliegend, beheizt auf Abgastemperatur

Probegasleitung vor Gasaufbereitung

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

Probegasleitung nach Gasaufbereitung

Länge ca. 1 m, PTFE-Leitung, unbeheizt

Werkstoff der gasführenden Teile

Edelstahl, 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

Hersteller

Distickstoffoxid N₂O

Air Liquide

Flaschennummer

D49UTKG

Konzentration

147,8 ppm / 290,1 mg/m³

Rest

N₂

Analysentoleranz

± 2 %

zertifiziert

Hersteller

Datum

18.10.2022

Stabilitätsgarantie

36 Monate

Garantiezeit eingehalten	ja
Nullgas	Stickstoff
Prüfgas O ₂	Umgebungsluft (20,95 Vol.-%)
Aufgabe durch das gesamte Probenahmesystem	ja

4.2.7 90 % Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

< 60 s

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 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
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; 16-2A01 ; 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, Quarz, 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 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 28.05.2025)
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

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 (2012-11)	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
Standzeit der Proben	max. 13 Tage (Analyse am 03.06.2025)
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/m³ bei 0,06 Nm³ 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 (2001-06)

DIN EN 13211 (2005-06)

Berichtigung zu DIN EN 13211:2001-06

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

DIN EN 1483 (1997-08)

DIN EN ISO 12846 (2012-08)

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/m³
(Nachweis im Rahmen des Messberichts)

Sorptionsmittel

schwefelsaure KMnO₄-Lösung

Sorptionsmittelmenge

30 ml je Waschflasche

Probenahmesystem

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente Hg

eingestellter Durchfluss

ca. 0,12 m³/h

Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement

ca. 1,8 m

Probentransfer

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

Standzeit der Proben

Lösung: max. 7 Tage (Analyse am 28.05.2025)

Filter: max. 41 Tage (Analyse am 01.07.2025)

Beteiligung eines Fremdlabors

keine

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 $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ 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

0,01 $\mu\text{g}/\text{Probe}$

relative Bestimmungsgrenze

0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 0,05 Nm^3 (Absorptionslösung)
0,025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 (2004-05)

Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Gesamtemission von As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti und V

VDI 2268, Blatt 1 – 4

Beschreibung des Aufschlussverfahrens

Müller-BBM-Prüfanweisungen

16-1D03; 16-2D03

Durchführung der Probenahme

isokinetische Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumens aus dem Hauptvolumenstrom und Abscheidung des enthaltenen Staubes und filtergängiger Anteile durch Rückhaltesysteme

4.4.1.2 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 1,5 m

Rückhaltesystem für partikelförmige Stoffe

Partikelfilter

Planfilter im Filtergehäuse aus Titan, innenliegend, beheizt auf Abgastemperatur, parallel zur Strömungsrichtung positioniert (Messung mit Schwanenhalsdüse)

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 HNO₃-Lösung mit H₂O₂-Zusatz

Sorptionsmittelmenge

40 ml je Impingerwaschflasche

Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement

ca. 1,8 m

Spüllösung

5%ige HNO₃ (zur Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Partikelfilter und von filtergängigen Anteilen zwischen Partikelfilter und erster Absorptionsstufe)

Probentransfer

Planfilter in Rundbehältern aus PE oder Polystyrol; Sonden-spüllösung und Absorptionslösungen ungekühlt in PE-Gefäßen

Probenahmesystem

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente SIS

eingestellter Durchfluss

gemäß Isokinetik

Standzeit der Proben

Lösung: max. 13 Tage (Analyse am 03.06.2025)

Filter: max. 34 Tage (Analyse am 24.06.2025)

Beteiligung eines Fremdlabors

keine

4.4.1.3 Aufbereitung und Auswertung der Messfilter und der Absorptionslösungen

Messfilter (Aufarbeitung des Probenmaterials)

Mikrowellendruckaufschluss mit HNO₃/H₂O₂ und Flusssäure

Absorptionslösung

getrennte Vermessung der Absorptionslösungen (ohne weitere Probenaufbereitung) und der Filteraufschlüsse

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)

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

Doppelbestimmungen, 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
------------------	-----------

4.5 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 (2006-06)	Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxinähnlichen PCB – Teil 1: Probenahme von PCDD/PCDF
DIN EN 1948-4 (2014-03)	Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxinähnlichen PCB – Teil 4: Probenahme und Analyse dioxinähnlicher 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; ggf. Tropfenabscheider; 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 – 1,5 m³/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. 12 Tage
Zeitraum der Analyse	02.-18.06.2025
Beteiligung eines Fremdlabors	mas münster analytical solutions gmbh, 48149 Münster

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 5 m ³ bzw. 10 m ³ Probenahmevolumen	0,0002 ngTEQ/m ³ bzw. 0,0001 ngTEQ/m ³ für 2,3,7,8-TetraCDD 0,0004 ngTEQ/m ³ bzw. 0,0002 ngTEQ/m ³ für 1,2,3,7,8-PentaCDD 0,0004 ngTEQ/m ³ bzw. 0,0002 ngTEQ/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

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

PCDD/F-Wiederfindungsraten

Messung (Datum/Uhrzeit) Standard	21.05.2025 12:00 – 16:00	22.05.2025 09:22 – 13:22	23.05.2025 08:29 – 12:29	Blindwert
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	84 %	80 %	82 %	87 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	98 %	91 %	93 %	95 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	100 %	97 %	93 %	102 %

PCB-Wiederfindungsraten

Messung (Datum/Uhrzeit) Standard	21.05.2025 12:00 – 16:00	22.05.2025 09:22 – 13:22	23.05.2025 08:29 – 12:29	Blindwert
¹³ C ₁₂ -PCB 60	92 %	92 %	91 %	93 %
¹³ C ₁₂ -PCB 127	108 %	106 %	94 %	111 %
¹³ C ₁₂ -PCB 159	129 %	102 %	117 %	97 %

4.5.2 Benzo(a)pyren**4.5.2.1 Messverfahren**

DIN EN 1948-1 (2006-06)

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

VDI 3874 (2006-12)

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

MAS_PA016 (2016-09)

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. 12 Tage

Zeitraum der Analyse

02.-18.06.2025

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 Probenahmeverolumen
relative erweiterte Messunsicherheit

für Benzo(a)pyren i.d.R. bei 0,001 µg/m³
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 Geruchsemissionen

entfällt

5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Datenbasis: Betreiberangaben und Erhebungen durch Müller-BBM

5.1 Produktionsanlage

Datum		21.05.2025	22.05.2025	23.05.2025
Messzeitraum	Uhrzeit	15 – 21 Uhr	10 – 17 Uhr	08 – 15 Uhr
Betriebsart		Volllast	Volllast	Volllast
Lastfall	%	95 – 106	95 – 106	95 - 106
Feuerraumtemperatur	°C	1120	1100	1010
Dampfmenge	t/h	23 – 25	23 – 25	23 - 25
Erdgasverbrauch Brenner	m³/h	0	0	0
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine
besondere Vorkommnisse		keine	keine	keine

5.2 Abgasreinigungsanlagen

Gewebefilter

Datum		21.05.2025	22.05.2025	23.05.2025
Messzeitraum	Uhrzeit	15 – 21 Uhr	10 – 17 Uhr	08 – 15 Uhr
Betriebsart		Normal	Normal	Normal
Filterdruck	mbar	15	15	15
Austragstemperatur	°C	129	129	129
letzte Wartung		03/2025	03/2025	03/2025

Additivzugaben

Datum		21.05.2025	22.05.2025	23.05.2025
Messzeitraum	Uhrzeit	15 – 21 Uhr	10 – 17 Uhr	08 – 15 Uhr
Kalkzugabe	%	0 – 20	0 – 20	0 - 20
Harnstoffzugabe	l/h	20 – 30	20 - 30	20 – 30
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 (Volllastbetrieb). Unter diesen Bedingungen lag zum Messzeitpunkt sowohl eine repräsentative wie auch eine maximale Auslastung der Anlage vor.

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

6.2 Messergebnisse

Nachfolgend werden die wichtigsten Messergebnisse zusammengefasst. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Konzentrationen auf das trockene Abgas im Normzustand (273 K, 1013 hPa).

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“).

Gemäß § 18 Absatz 3 der 17. BImSchV vom 13.02.2024 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.

Datum	Zeit	P hPa	v m/s	T °C	H ₂ O Vol. %	O ₂ Vol. %	dV/dt, Betrieb m ³ /h	dV/dt, N,f m ³ /h,N,f	dV/dt, N,tr m ³ /h,N,tr
21.05.2025	12:00-16:00	949,5	13,2	131,9	14,1	6,3	60025	37935	32598
22.05.2025	09:22-13:22	945,5	13,2	132,9	14,1	6,5	60144	37758	32437
23.05.2025	08:29-12:29	950,5	14,1	134,6	14,1	6,5	64089	40276	34580
21.05.2025	16:28-16:58	949,5	13,0	130,9	14,0	6,5	59483	37684	32412
22.05.2025	08:26-08:56	945,5	14,3	133,8	10,7	6,2	65348	40927	36530
23.05.2025	07:54-08:24	950,5	13,0	135,8	8,9	6,3	59204	37092	33805
21.05.2025	13:19-13:49	949,5	13,2	131,4	14,1	6,5	60166	38064	32706
21.05.2025	14:23-14:53	949,5	13,2	130,8	14,0	6,4	60378	38261	32892
22.05.2025	09:52-10:22	945,5	14,1	135,6	15,9	6,6	64305	40099	33727
22.05.2025	11:00-11:30	945,5	13,3	134,6	14,1	6,6	60472	37804	32471
23.05.2025	08:54-09:24	950,5	13,6	137,1	16,0	6,5	62115	38798	32609
23.05.2025	09:47-10:17	950,5	14,5	136,4	14,0	6,5	66307	41487	35677
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. %		1) mg/m ³ ,N	1)3) mg/m ³ ,N	2)3) mg/m ³ ,N	3) kg/h	2)3) kg/h
1	21.05.2025	13:19-13:49	23,8	6,5		16,4	16,3	20,1	0,7	0,9
2	21.05.2025	14:23-14:53	23,4	6,4		16,0	16,0	19,7	0,7	0,9
3	22.05.2025	09:52-10:22	16,4	6,6		11,4	11,4	14,3	0,5	0,6
4	22.05.2025	11:00-11:30	16,5	6,6		11,4	11,4	14,3	0,5	0,6
5	23.05.2025	08:54-09:24	28,2	6,5		19,5	19,4	23,8	0,9	1,1
6	23.05.2025	09:47-10:17	26,3	6,5		18,2	18,1	22,2	0,9	1,1
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							15,4		0,7	
Maximalwert							19,4		0,9	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0		0	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							43		2	
Grenzwert							-		-	
Vertrauensgrenze (50%; Faktor 1,65)							32		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 1) µg/m³,N	Hg 1)3) mg/m³,N	Up 2)3) mg/m³,N	Hg 3) g/h	Up 2)3) g/h
			µg/Probe	Vol. %	m³N					
1	21.05.2025	13:19-13:49	0,01	6,5	0,053	0,19	< 0,0002	0,0000	< 0,0065	0,001
2	21.05.2025	14:23-14:53	0,01	6,4	0,055	0,19	< 0,0002	0,0000	< 0,0065	0,001
3	22.05.2025	09:52-10:22	0,01	6,6	0,056	0,23	0,0002	0,0000	0,007	0,001
4	22.05.2025	11:00-11:30	0,01	6,6	0,054	0,18	< 0,0002	0,0000	< 0,0064	0,001
5	23.05.2025	08:54-09:24	0,01	6,5	0,056	0,23	0,0002	0,0000	0,007	0,001
6	23.05.2025	09:47-10:17	0,00	6,5	0,053	0,00	< 0,0002	0,0000	< 0,0071	0,001
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							0,0000		0,002	
Maximalwert							0,0002		0,007	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0,00		0,01	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							0,00		0,01	
Grenzwert							0,01		-	
Vertrauensgrenze (50%; Faktor 1,65)							0,00		0,01	
1) bezogen auf 11 Vol.% O ₂ nur bei Überschreitung des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol.% O ₂										
2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt										
3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht										

Komponente HCN

Nr	Datum	Zeit	HCN		Volumen m³N	HCN 1)	HCN 1)3)	Up 2)3)	HCN 3)	Up 2)3)
			mg/Probe	Vol. %		mg/m³,N	mg/m³,N	mg/m³,N	g/h	g/h
1	21.05.2025	13:19-13:49	0,00	6,5	0,043	0,00	< 0,06	0,01	< 1,96	0,3
2	21.05.2025	14:23-14:53	0,00	6,4	0,045	0,00	< 0,06	0,01	< 1,97	0,3
3	22.05.2025	09:52-10:22	0,00	6,6	0,047	0,08	0,07	0,02	2,5	0,8
4	22.05.2025	11:00-11:30	0,00	6,6	0,047	0,07	0,07	0,02	2,3	0,8
5	23.05.2025	08:54-09:24	0,00	6,5	0,049	0,07	0,06	0,02	2,1	0,7
6	23.05.2025	09:47-10:17	0,01	6,5	0,049	0,14	0,1	0,04	5,1	1,4
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							0,05		2,0	
Maximalwert							0,1		5,1	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0		4	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							0		7	
Grenzwert							-		15	
Vertrauensgrenze (50%; Faktor 1,65)							0		8	

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

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Komponente HF

Nr	Datum	Zeit	HF		Volumen m³N	HF 1)	HF 1)3)	Up 2)3)	HF 3)	Up 2)3)
			mg/Probe	Vol. %		mg/m³,N	mg/m³,N	mg/m³,N	g/h	g/h
1	21.05.2025	13:19-13:49	0,000	6,5	0,043	0,000	< 0,06	0,01	< 1,96	0,3
2	21.05.2025	14:23-14:53	0,000	6,4	0,045	0,000	< 0,06	0,01	< 1,97	0,3
3	22.05.2025	09:52-10:22	0,000	6,6	0,047	0,000	< 0,06	0,01	< 2,02	0,4
4	22.05.2025	11:00-11:30	0,000	6,6	0,047	0,000	< 0,06	0,01	< 1,94	0,3
5	23.05.2025	08:54-09:24	0,000	6,5	0,049	0,000	< 0,06	0,01	< 1,95	0,3
6	23.05.2025	09:47-10:17	0,000	6,5	0,049	0,000	< 0,06	0,01	< 2,14	0,4
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							0,000		0,00	
Maximalwert							0,000		0,00	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0,0		0	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							0,0		0	
Grenzwert							0,9		-	
Vertrauensgrenze (50%; Faktor 1,65)							0,0		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, Ti) 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 1)	Summe nach Anlage 1 a 1)3)	Up 2)3)	Summe nach Anlage 1 a 3)	Up 2)3)
							µg/m³,N	mg/m³,N	mg/m³,N	g/h	g/h
1	21.05.2025	16:28-16:58	6,5	0,670	8	4	0,00	0,0000	0,0000	0,000	0,000
2	22.05.2025	08:26-08:56	6,2	0,711	8	-2	0,00	0,0000	0,0000	0,000	0,000
3	23.05.2025	07:54-08:24	6,3	0,665	8	-1	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								0,02		-	
Vertrauensgrenze (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

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	Düse	Absaugfehler	Summe nach Anlage 1 b	Summe nach Anlage 1 b	Up	Summe nach Anlage 1 b	Up
			Vol. %		m ³ N	mm	%	1) µg/m ³ N	1)3) mg/m ³ N	2)3) mg/m ³ N	3) g/h	2)3) g/h
1	21.05.2025	16:28-16:58	6,5		0,670	8	4	2,64	0,002	0,000	0,08	0,009
2	22.05.2025	08:26-08:56	6,2		0,711	8	-2	0,43	0,000	0,000	0,01	0,001
3	23.05.2025	07:54-08:24	6,3		0,665	8	-1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)									0,001		0,03	
Maximalwert									0,002		0,08	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit									0,0		0,1	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit									0,0		0,1	
Grenzwert									0,3		-	
Vertrauensgrenze (50%; Faktor 1,8)									0,0		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

Komponente Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV

Nr	Datum	Zeit	O ₂		Volumen	Düse	Absaugfehler	Summe nach Anlage 1 c	Summe nach Anlage 1 c	Up	Summe nach Anlage 1 c	Up
			Vol. %		m ³ N	mm	%	1) µg/m ³ N	1)3) mg/m ³ N	2)3) mg/m ³ N	3) g/h	2)3) g/h
1	21.05.2025	16:28-16:58	6,5		0,670	8	4	0,00	0,0000	0,0000	0,000	0,000
2	22.05.2025	08:26-08:56	6,2		0,711	8	-2	0,00	0,0000	0,0000	0,000	0,000
3	23.05.2025	07:54-08:24	6,3		0,665	8	-1	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		-	
Vertrauensgrenze (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

Tabelle 6.2.5. Messergebnisse besondere hochtoxische Messparameter.**Komponente PCDD/F + dl-PCB**

Nr	Datum	Zeit	WHO- TEQ	O ₂	Volumen	Düse	Absaugfehler	WHO- TEQ 1)	WHO- TEQ 1)3)	Up 2)3)	WHO- TEQ 3)	Up 2)3)
			ng/Probe	Vol. %	m ³ N	mm	%	ng/m ³ N	ng/m ³ N	ng/m ³ N	mg/h	mg/h
1	21.05.2025	12:00-16:00	0,0000	6,3	5,353	8	3	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	0,000
2	22.05.2025	09:22-13:22	0,0000	6,5	5,331	8	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	0,000
3	23.05.2025	08:29-12:29	0,0000	6,5	5,717	8	4	0,0000	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									0,08		-	
Vertrauensgrenze (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

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	0,0002	0,0000	0,00	0,00	indirekt
HCN	mg/m ³ ,N	0,1	0,04	0	0	indirekt
HF	mg/m ³ ,N	0,000	0,01	0,0	0,0	indirekt
N ₂ O	mg/m ³ ,N	19,4	23,8	0	43	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	0,002	0,000	0,0	0,0	indirekt
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	mg/m ³ ,N	0,0000	0,0000	0,00	0,00	indirekt
PCDD/F + dl-PCB	ng/m ³ ,N	0,0000	0,0000	0,00	0,00	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

**) Maximalwertes $f_{\max,50}$

1) teilweise Fremdanalytik (Benzo(a)pyren) (siehe 1.12)

2) 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	0,007	0,001	0,01	0,01	indirekt
HCN	g/h	5,1	1,4	4	7	indirekt
HF	g/h	0,00	0,3	0	0	indirekt
N ₂ O	kg/h	0,9	1,1	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	0,08	0,009	0,1	0,1	indirekt
Stoffe nach § 8 (1) 3, Anlage 1 c der 17. BImSchV	g/h	0,000	0,000	0,0	0,0	indirekt
PCDD/F + dl-PCB	mg/h	0,000	0,000	0,0	0,0	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

**) Maximalwertes $f_{\max,50}$

1) teilweise Fremdanalytik (Benzo(a)pyren) (siehe 1.12)

2) Fremdanalytik (siehe 1.12)

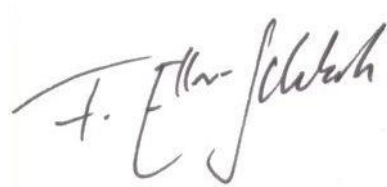
$Y_{\max}$: maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

6.4 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse liegen auf dem gleichen Niveau wie in den vergangenen Jahren und sind auch im Vergleich mit Anlagen ähnlicher Bauart insgesamt als plausibel einzustufen.

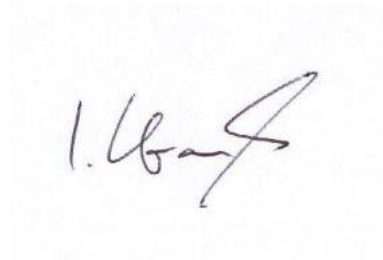
Für den Inhalt des Berichtes zeichnen verantwortlich:



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

Projektleitung Berichterstellung, Stellvertretend Fachlich Verantwortlich

Telefon +49(911)600445-15



Dipl.-Ing. (FH) Isa Krauß

Qualitätssicherung

Telefon +49(911)600445-26

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



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14119-01-00

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 1: Mess- und Rechenwerte**Tabelle 7.1.1.** Mess- und Rechenwerte Abgasrandbedingungen/Strömungsprofil.

Projekt-Nr.	M175121		
Betreiber	BHI		
Anlage	EMI_2025		
Messstelle			
Brennstoff	Holzbrennstoffe		
Betriebszustand	Nennlast	WAF Pos. 10.4, EN16911-1	1,000
Datum	21.05.2025	Faktor Staudrucksonde	0,989
Luftdruck	hPa 950,0	O ₂ -Konzentration	Vol.% 6,4
statischer Druck	hPa -0,5	CO ₂ -Konzentration	Vol.% 13,6
Kanalform	kreisförmig	Abgastemperatur	°C 139,0
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 0,806
Anzahl der Messpunkte/Achse	4	Dichte N,f	kg/m ³ 1,299
Anzahl der Messpunkte/Ebene	8	Dichte N,tr	kg/m ³ 1,366
Teilfläche	m ² 0,158		

Zeit	Teilfläche	Eintauchtiefe	dynamischer Druck	Geschwindigkeit Betrieb	dV/dt Betrieb	dV/dt N,f	dV/dt N,tr
hh:mm	(Achse/Nr.)	mm	hPa	m/s	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
08:20	1	85	0,67	12,7	7249	4502	3962
	1	318	0,78	13,7	7824	4859	4276
	1	953	0,74	13,4	7637	4743	4174
	1	1185	0,64	12,5	7121	4423	3892
	2	85	0,67	12,7	7249	4502	3962
	2	318	0,75	13,5	7672	4765	4193
	2	953	0,65	12,5	7140	4434	3902
	2	1185	0,57	11,8	6703	4163	3663
08:30		Mittelwert	0,68	12,85			
		Summe			58595	36391	32024

Tabelle 7.1.2. Mess- und Rechenwerte kontinuierliche Messparameter.

Komponente	O ₂						
Nr	Datum	Zeit	O ₂		O ₂	O ₂	Up
			Vol. %		1) Vol. % N	1)3) Vol. % N	2)3) Vol. % N
1	21.05.2025	12:00-16:00	6,30		6,30	6,2	0,3
2	22.05.2025	09:22-13:22	6,51		6,51	6,5	0,3
3	23.05.2025	08:29-12:29	6,54		6,54	6,5	0,3
4	21.05.2025	16:28-16:58	6,46		6,46	6,4	0,3
5	22.05.2025	08:26-08:56	6,25		6,25	6,2	0,3
6	23.05.2025	07:54-08:24	6,30		6,30	6,2	0,3
7	21.05.2025	13:19-13:49	6,46		6,46	6,4	0,3
8	21.05.2025	14:23-14:53	6,40		6,40	6,3	0,3
9	22.05.2025	09:52-10:22	6,62		6,62	6,6	0,3
10	22.05.2025	11:00-11:30	6,58		6,58	6,5	0,3
11	23.05.2025	08:54-09:24	6,53		6,53	6,5	0,3
12	23.05.2025	09:47-10:17	6,51		6,51	6,5	0,3

1) keine O₂-Bezugswertrechnung

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Driften O2	berechnet mit	Maximalwert	Toleranz	Driften N2O	berechnet mit	Maximalwert	Toleranz
Datum	Nullpunkt	Referenzpunkt		Datum	Nullpunkt	Referenzpunkt	
Prüfmittel	0,00	20,95	0,5%	Prüfmittel	0	290	2,0%
21.05.2025	-0,08	21,10	Vol. %	21.05.2025	0	290	mg/m ³
21.05.2025	-0,26	21,15	Vol. %	21.05.2025	0	289	mg/m ³
Drift [%]	-0,8	1,1		Drift [%]	0	-1	
22.05.2025	0,13	21,07	Vol. %	22.05.2025	1	289	mg/m ³
22.05.2025	0,19	21,28	Vol. %	22.05.2025	-2	288	mg/m ³
Drift [%]	0,3	0,7		Drift [%]	-1	0	
23.05.2025	0,15	21,35	Vol. %	23.05.2025	-3	288	mg/m ³
23.05.2025	0,23	21,35	Vol. %	23.05.2025	-3	287	mg/m ³
Drift [%]	0,4	-0,4		Drift [%]	-0,1	-0,4	

Tabelle 7.1.3. 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.
21.05.2025	13:19-13:49	0,993	0,063	25,8	950	0,053	0,01	0,2	1
21.05.2025	14:23-14:53	0,993	0,065	28,3	950	0,055	0,01	0,2	2
22.05.2025	09:52-10:22	0,993	0,063	12,5	946	0,056	0,01	0,2	3
22.05.2025	11:00-11:30	0,993	0,062	16,0	946	0,054	0,01	0,2	4
23.05.2025	08:54-09:24	0,993	0,062	11,5	951	0,056	0,01	0,2	5
23.05.2025	09:47-10:17	0,993	0,060	13,5	951	0,053	0,00	0,0	6
Blindwert							0,01	0,2	
Bestimmungsgrenze							0,01	0,2	

Komponente Hg part

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse µg/Probe	Hg part µg/m ³	Proben- bezeichn.
21.05.2025	-	1,000	1,133	0,0	1013,25	1,133	0,00	0,00	M601
22.05.2025	-	1,000	1,162	0,0	1013,25	1,162	0,00	0,00	F296
23.05.2025	-	1,000	1,227	0,0	1013,25	1,227	0,00	0,00	M409
Blindwert							0,00	0,00	
Bestimmungsgrenze							0,03	0,02	

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.
21.05.2025	13:19-13:49	0,985	0,051	25,8	950	0,043	0,000	0,0	1
21.05.2025	14:23-14:53	0,985	0,054	27,5	950	0,045	0,000	0,0	2
22.05.2025	09:52-10:22	0,985	0,053	12,5	946	0,047	0,004	0,1	3
22.05.2025	11:00-11:30	0,985	0,054	16,3	946	0,047	0,003	0,1	4
23.05.2025	08:54-09:24	0,985	0,055	11,5	951	0,049	0,003	0,1	5
23.05.2025	09:47-10:17	0,985	0,056	13,0	951	0,049	0,007	0,1	6
Blindwert							0,000	0,0	
Bestimmungsgrenze							0,003	0,1	

Komponente HF

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m³N	Analyse mg/Probe	HF mg/m³	Proben- bezeichn.
21.05.2025	13:19-13:49	0,985	0,051	25,8	950	0,043	0,000	0,0	1
21.05.2025	14:23-14:53	0,985	0,054	27,5	950	0,045	0,000	0,0	2
22.05.2025	09:52-10:22	0,985	0,053	12,5	946	0,047	0,000	0,0	3
22.05.2025	11:00-11:30	0,985	0,054	16,3	946	0,047	0,000	0,0	4
23.05.2025	08:54-09:24	0,985	0,055	11,5	951	0,049	0,000	0,0	5
23.05.2025	09:47-10:17	0,985	0,056	13,0	951	0,049	0,000	0,0	6
Blindwert							0,000	0,0	
Bestimmungsgrenze							0,003	0,1	

Tabelle 7.1.4. Mess- und Rechenwerte partikelförmige Messparameter.**Komponente SM_17BlmSchV**

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m³N	Cd filtergänglich µg/Probe	Tl filtergänglich µg/Probe	Sb filtergänglich µg/Probe	As filtergänglich µg/Probe	Pb filtergänglich µg/Probe	Cr filtergänglich µg/Probe
1	21.05.2025	16:28-16:58	0,670	0,000	0,000	0,000	0,000	0,781	0,000
2	22.05.2025	08:26-08:56	0,711	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	23.05.2025	07:54-08:24	0,665	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BG				0,144	0,144	1,438	1,438	1,438	1,438
BW				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt									
BG Bestimmungsgrenze									
BW Blindwert									

Komponente SM_17BlmSchV

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m³N	Co filtergänglich µg/Probe	Cu filtergänglich µg/Probe	Mn filtergänglich µg/Probe	Ni filtergänglich µg/Probe	V filtergänglich µg/Probe	Sn filtergänglich µg/Probe
1	21.05.2025	16:28-16:58	0,670	0,000	1,517	0,000	0,000	0,000	0,000
2	22.05.2025	08:26-08:56	0,711	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	23.05.2025	07:54-08:24	0,665	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BG				1,438	1,438	1,438	1,438	1,438	1,438
BW				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt									
BG Bestimmungsgrenze									
BW Blindwert									

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	21.05.2025	16:28-16:58	0,670	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	22.05.2025	08:26-08:56	0,711	0,000	0,000	0,000	0,000	0,303	0,000
3	23.05.2025	07:54-08:24	0,665	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BG				0,025	0,025	0,250	0,250	0,250	0,250
BW				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,380
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	21.05.2025	16:28-16:58	0,670	0,000	0,000	0,000	0,254	0,000	0,000
2	22.05.2025	08:26-08:56	0,711	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	23.05.2025	07:54-08:24	0,665	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		BG		0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
		BW		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt									
BG Bestimmungsgrenze									
BW Blindwert									

Tabelle 7.1.5. 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	21.05.2025	12:00-16:00	5,353	0,0002	0,0000	0,0000
2	22.05.2025	09:22-13:22	5,331	0,0001	0,0000	0,0000
3	23.05.2025	08:29-12:29	5,717	0,0002	0,0000	0,0000
		BG		0,0063	10,0000	0,0036
		BW		0,0000	0,0000	0,0000
Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt						
BG Bestimmungsgrenze						
BW Blindwert						

Anlage 2: Graphische Darstellung des Verlaufs kontinuierlich gemessener Komponenten

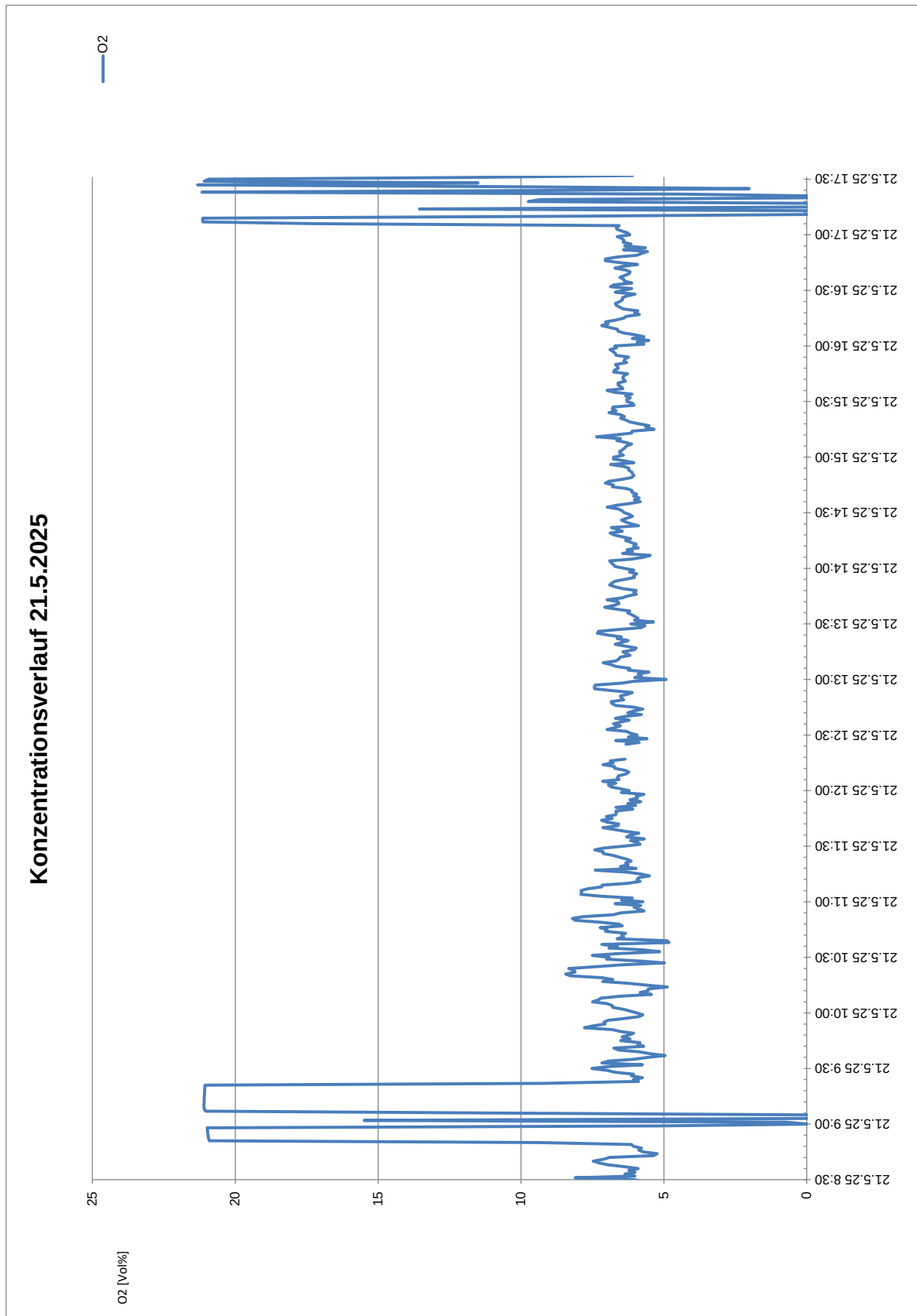


Abbildung 7.2.1. Graphischer Verlauf.

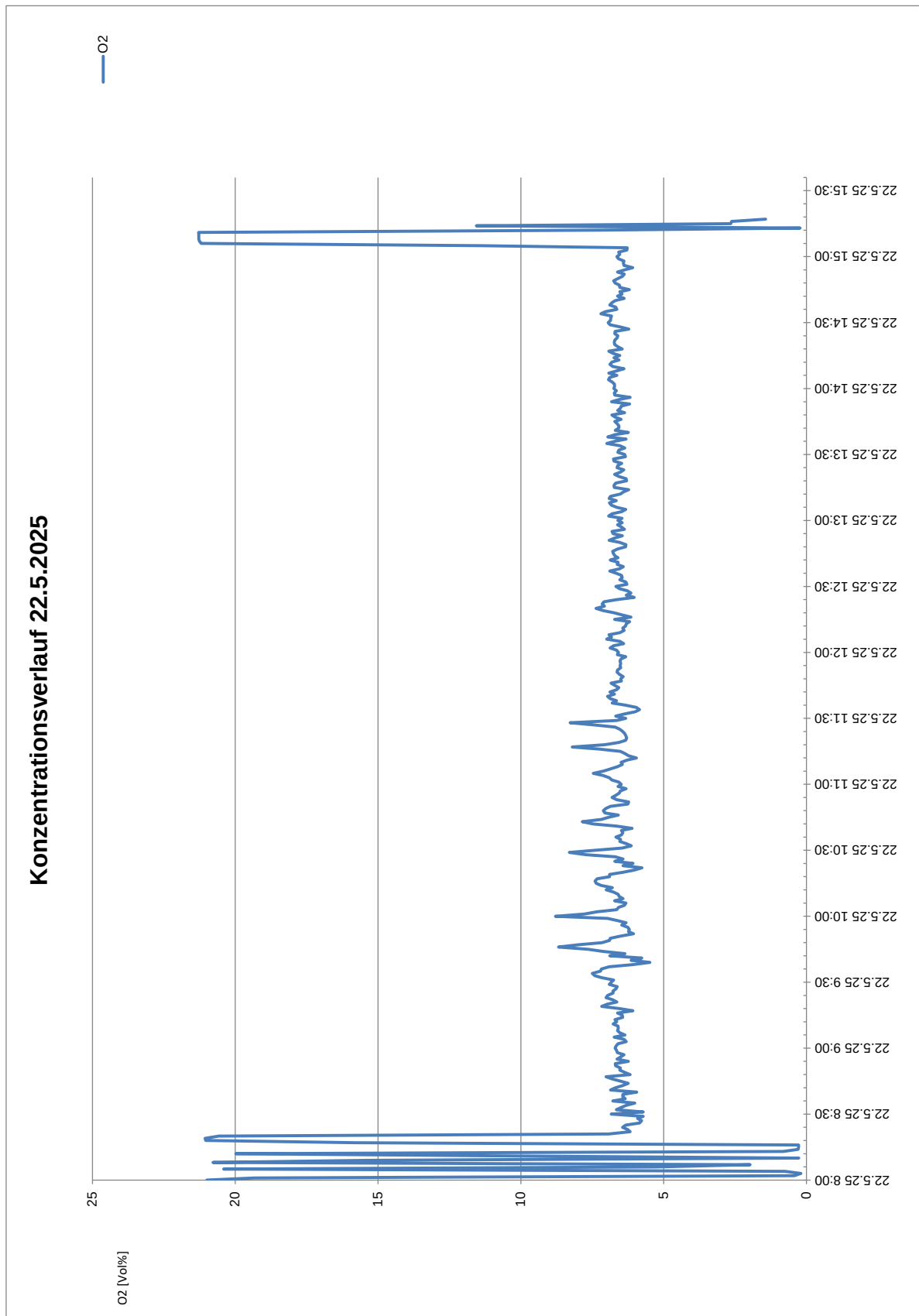


Abbildung 7.2.2. Graphischer Verlauf.

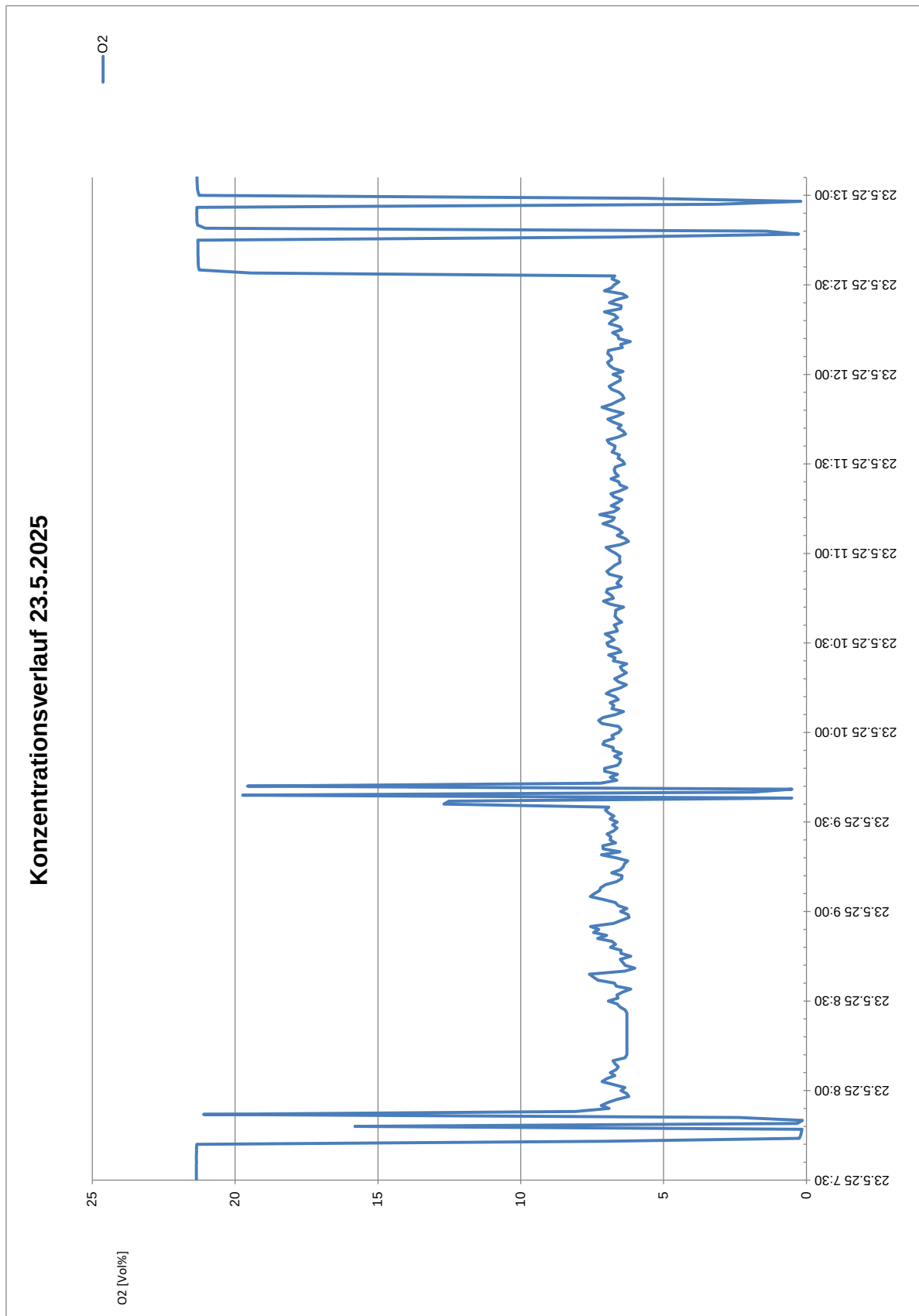


Abbildung 7.2.3. Graphischer Verlauf.

Anlage 3: Prüfmittelkatalog

Prüfmittelkatalog Müller-BBM						
Messkomponente	Prüfmittel-Nr.	Hersteller	Typ	letzte Überprüfung	Prüfintervall Monate	Eignungsbekanntgabe / Prüfbericht
Hg, H ₂ O	10899	Itron	G1	16.10.2024	12	
HCN/HF	10900	Itron	G1	28.04.2025	12	
N ₂ O	7969	ABB	EL 3020	20.02.2025	12	BAnz. 2006, Nr. 194, S. 6715 vom 12.09.2006; TÜV Süddeutschland, Berichtsnummer 691317, 30.06.2006
SIS	9831	Müller-BBM	Iso1.1	11.07.2024	12	
O ₂	11526	Horiba	PG-350 EDR	16.01.2025	12	BAnz. AT 2013, Heft B10, S. 7; BAnz. AT 2017, Heft B12, S. 13; TÜV Rheinland, Berichtsnummer 936/21217617/A vom 05.10.2012
p _{dyn/stat}	12444	Greisinger	GMH3156	12.06.2024	12	
p _{atm}	13157	Greisinger	GMH3181-12	12.09.2025	12	
T	12122	Greisinger	GMH3251	19.06.2024	12	
H ₂ O	7296	Sartorius	LC4200	20.08.2024	12	

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

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 1 von 19



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: M175121/B03, 27.05.25

mas-Ansprechpartner:
Stefanie Görkes
Wilhelm-Schickard-Straße 5
48149 Münster

Tel.: +49 (0) 251 384415-11
Fax: +49 (0) 251 384415-01
E-Mail: s.goerkes@mas-tp.com

mas-Auftrag: 25-1805

Prüfung: Analyse von Abgasproben auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (**PCDD**) und polychlorierte Dibenzofurane (**PCDF**), 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	25-1805-001
M175121 / 2	Abgasprobe	2 Kartuschen + Kondensat	25-1805-002
M175121 / 3	Abgasprobe	2 Kartuschen + Kondensat	25-1805-003
M175121 / BW	Blindprobe Abgas	2 Kartuschen + Kondensat	25-1805-004

Probeneingang: 30.05.2025

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

Prüfbeginn: 02.06.2025 **Prüfende:** 18.06.2025

Prüfverfahren: D/F:DIN EN 1948, Blatt 2/3:2006-06.
PCB:DIN EN 1948, Blatt 4:2014-03.
B[a]P:VDI 3874:2006-12. Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Probenvorbereitung und Extraktion

	Hinweise: Prüfverfahren nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Nicht akkreditierte Prüfverfahren werden extra gekennzeichnet. Die Befunde beziehen sich auf die hier analysierten Proben und dürfen ohne Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden.
--	--

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 2 von 19



- 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- und PCB-Analyse

- mehrstufiges Extrakt clean-up
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCDD/F- und PCB-Wiederfindungsstandards
- getrennte GC/HRMS Analyse auf PCDD/F und PCB
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode)

Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens sowie eventuelle Abweichungen von der Norm sind in der Prüfanweisung MAS_PA031:2020-11 dargelegt.

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
- GC/LRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen deuterierten Standards (Isotopenverdünnungsmethode)

Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens sowie eventuelle Abweichungen von der Norm sind in der Prüfanweisung MAS_PA046:2013-09 dargelegt.

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.

Kommentare: Eine Einordnung oder Bewertung der Analysenergebnisse bleibt dem Auftrag-



Hinweise: Prüfverfahren nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Nicht akkreditierte Prüfverfahren werden extra gekennzeichnet. Die Befunde beziehen sich auf die hier analysierten Proben und dürfen ohne Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01
Datum: 2025-06-18 • Seite: 3 von 19



geber vorbehalten.

Münster, den 18.06.2025

Dieser Prüfbericht wurde von Stefanie Görkes freigegeben.
Der Prüfbericht ist auch ohne Unterschrift gültig.



Hinweise: Prüfverfahren nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Nicht akkreditierte Prüfverfahren werden extra gekennzeichnet. Die Befunde beziehen sich auf die hier analysierten Proben und dürfen ohne Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 4 von 19

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

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / 1

Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-001

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	nd	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	0,00177	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	nd	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	nd	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	0,00598		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	0,00652		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	0,0132		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	0,0301		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	0,00994		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	nb		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	0,0257		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	0,0401		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	0,0658		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	0,000177		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,00592	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,000177		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00641	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	84		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	98		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 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 5 von 19

**Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe****Probenbezeichnung Auftraggeber****M175121 / 1**Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-001

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	0,0200	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	0,00359	0,00359	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	92		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	108		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	129		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 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 6 von 19

**Tab. 03:** Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / 1

Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-001

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 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 7 von 19

**Tab. 04:** Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf PCDD/F;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / 2

Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-002

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	nd	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	0,00134	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	nd	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	nd	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	0,00575		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	0,00936		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	0,0125		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	0,0295		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	0,00937		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	nb		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	0,0277		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	0,0389		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	0,0665		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	0,000134		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,00587	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,000134		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00637	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	80		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	91		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 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 8 von 19

**Tab. 05: Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe****Probenbezeichnung Auftraggeber****M175121 / 2**Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-002

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	0,0200	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	0,00359	0,00359	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	92		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	106		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	102		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 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 9 von 19

**Tab. 06:** Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / 2

Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-002

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

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 10 von 19

**Tab. 07:** Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf PCDD/F;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / 3

Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-003

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	nd	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	0,00171	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	nd	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	nd	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	0,00839		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	0,00872		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	0,0119		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	0,0507		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	0,0142		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	nb		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	0,0290		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	0,0649		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	0,0939		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	0,000171		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,00591	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	0,000171		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00641	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	82		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	93		DIN EN 1948, 2/3
WF-1234789-HeptaCDF-PS	%	93		DIN EN 1948, 2/3

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

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 11 von 19

**Tab. 08:** Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / 3

Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-003

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	0,0200	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	0,00359	0,00359	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	91		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	94		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	117		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 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 12 von 19

**Tab. 09: Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe****Probenbezeichnung Auftraggeber****M175121 / 3**Probenart
mas-ProbennummerAbgasprobe
25-1805-003

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

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 13 von 19

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

Probenbezeichnung Auftraggeber		M175121 / BW		
Probenart mas-Probennummer		Blindprobe Abgas 25-1805-004		
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	nd	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	nd	0,00100	DIN EN 1948, 2/3
12378-PentaCDF	ng/Probe	nd	0,00200	DIN EN 1948, 2/3
23478-PentaCDF	ng/Probe	nd	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	nb		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDD	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDD	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
Summe HeptaCDD	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
OctaCDD	ng/Probe	nd	0,0450	DIN EN 1948, 2/3
PCDF Summen				
Summe TetraCDF	ng/Probe	0,0139		DIN EN 1948, 2/3
Summe PentaCDF	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
Summe HexaCDF	ng/Probe	nb		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	nb		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDF ^a	ng/Probe	0,0139		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	0,0139		DIN EN 1948, 2/3
PCDD/F-TEQ-Werte				
I-TEQ exklusive BG ^a	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
I-TEQ inklusive BG ^b	ng/Probe	0,00584	0,00584	DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 exkl. BG ^a	ng/Probe	nb		DIN EN 1948, 2/3
WHO-PCDD/F-TEQ 2005 inkl. BG ^b	ng/Probe	0,00634	0,00634	DIN EN 1948, 2/3
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF-12378-PentaCDF-PS	%	87		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	95		DIN EN 1948, 2/3
WF-1234789-HeptaCDF-PS	%	102		DIN EN 1948, 2/3

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

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 14 von 19

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

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / BW

Probenart
mas-ProbennummerBlindprobe Abgas
25-1805-004

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	0,0200	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	0,00359	0,00359	DIN EN 1948, 4
Wiederfindung Probenahmestandard				
WF PCB 60	%	93		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	111		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	97		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 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 15 von 19

**Tab. 12:** Ergebnisse der Analyse einer Emissionsprobe auf Benzo[a]pyren;
Angaben bezogen auf die Gesamtprobe

Probenbezeichnung Auftraggeber

M175121 / BW

Probenart
mas-ProbennummerBlindprobe Abgas
25-1805-004

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

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01
Datum: 2025-06-18 • Seite: 16 von 19



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)

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 17 von 19



**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	Struktur- formel	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 %.

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 18 von 19



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 %.

Prüfbericht Nr. 1301 25-1805 P01

Datum: 2025-06-18 • Seite: 19 von 19

**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 %.