

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Köln
Heinrich-Hertz-Straße 13
50170 Kerpen

Telefon +49(2273)59280 0
Telefax +49(2273)59280 11

www.mbbm-ind.com

13. Mai 2025
M180575/02 Version 1 BLO/BEA

Theo Steil GmbH

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen im Abgas einer Spänebrikettieranlage

Bericht Nr. M180575/02

Betreiber:	Theo Steil GmbH Ostkai 6 54293 Trier
Standort:	Ostkai 6 54293 Trier
Anlage:	Spänebrikettieranlage
Datum der Messung:	15.04.2025
Berichtsumfang:	insgesamt 48 Seiten inkl. 16 Seiten Anlagen

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

Geschäftsführer:
Joachim Bittner,
Manuel Männel,
Dr. Alexander Ropertz

Zusammenfassung

Emissionsquelle

Spänebrikettieranlage

Tabelle 0.1. Zusammenfassung der Messergebnisse – Massenkonzentrationen.

Komponente		Einheit	$Y_{\max}-U_P$ *)	$Y_{\max}+U_P$ *)	Grenzwert	Betriebszustand
Staub		mg/m ³ ,N	1	1	10	Volllast, 5,5 t/h
C Ges		mgC/m ³ ,N	5	11	50	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I (Hg) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,05	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I (TI) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,05	Volllast, 5,5 t/h
Klasse II (Pb, Co, Ni, Se, Te) gem. Ziffer 5.4.3.3.1 TA Luft	Klasse II	mg/m ³ ,N	0,0	0,0	0,5	Volllast, 5,5 t/h
Klasse III (Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse III	mg/m ³ ,N	0	0	1	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I bis III (Hg, TI, Pb, Co, Ni, Se, Te, Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I bis III	mg/m ³ ,N	0	0	1	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I (As, B(a)P, Cd, Cowl, Cr VI) gem. Ziffer 5.2.7.1.1 TA Luft	Klasse I	1) mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0,05	Volllast, 5,5 t/h
PCDD/F	I-TE/Q	1) ng/m ³ ,N	0,0	0,0	0,1	Volllast, 5,5 t/h

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Messbericht

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	Betriebszustand
Staub		g/h	9	13	-	Volllast, 5,5 t/h
C Ges		g/h	73	148	-	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I (Hg) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	g/h	0,00	0,00	0,25	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I (TI) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	g/h	0,00	0,00	0,25	Volllast, 5,5 t/h
Klasse II (Pb, Co, Ni, Se, Te) gem. Ziffer 5.4.3.3.1 TA Luft	Klasse II	g/h	0,0	0,0	2,5	Volllast, 5,5 t/h
Klasse III (Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse III	g/h	0	0	5	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I bis III (Hg, TI, Pb, Co, Ni, Se, Te, Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I bis III	g/h	0,1	0,1	-	Volllast, 5,5 t/h
Klasse I (As, B(a)P, Cd, Cowl, Cr VI) gem. Ziffer 5.2.7.1.1 TA Luft	Klasse I	1) g/h	0,00	0,00	0,15	Volllast, 5,5 t/h
PCDD/F	I-TE/Q	1) mg/h	0,0	0,0	-	Volllast, 5,5 t/h

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Messbericht

1) Fremdanalytik (siehe 1.12)

Y_{\max} : maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

Die angegebenen Massenkonzentrationen beziehen sich auf das trockene Abgas im Normzustand (273 K, 1013 hPa).

Anmerkung:

Bei den Summenbildungen bleiben Einzelstoffe (Metalle, PCDD/F, 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“).

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	6
1.9	Ortsbesichtigung vor Messdurchführung	6
1.10	Messplanabstimmung	6
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	7
2.5	Betriebszeiten nach Betreiberangaben	7
2.6	Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen	7
3	Beschreibung der Probenahmestelle	9
3.1	Messstrecke und Messquerschnitt	9
3.2	Lage der Messpunkte im Messquerschnitt	10
4	Messverfahren und Messeinrichtungen	11
4.1	Abgasrandbedingungen	11
4.2	Automatische Messverfahren	12
4.3	Manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen	13
4.4	Messverfahren für partikelförmige Emissionen	13
4.5	Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u. Ä.)	21
4.6	Geruchsemission	25
5	Betriebszustand der Anlage während der Messungen	26
5.1	Produktionsanlage	26
5.2	Abgasreinigungsanlagen	26
6	Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion	27
6.1	Beurteilung der Betriebsbedingungen während der Messungen	27
6.2	Messergebnisse	27
6.3	Messunsicherheiten	31
6.4	Diskussion der Ergebnisse	31
7	Anlagen	33

Quelle Abluftkamin:

- | | | |
|----|--|---|
| a) | Gesamtstaub | 10 mg/m ³ |
| b) | Quecksilber und seine Verbindungen
oder den Massenstrom von | 0,05 mg/m ³
0,25 g/h |
| c) | Thallium und seine Verbindungen
oder den Massenstrom von | 0,05 mg/m ³
0,25 g/h |
| d) | Blei und seine Verbindungen,
angegeben als Pb | |
| | Cobalt und seine Verbindungen,
angegeben als Co | |
| | Nickel und seine Verbindungen,
angegeben als Ni | |
| | Selen und seine Verbindungen,
angegeben als Se | |
| | Tellur und seine Verbindungen,
angegeben als Te
oder den Massenstrom von | 0,5 mg/m ³
2,5 g/h |
| e) | Antimon und seine Verbindungen
angegeben als Sb | |
| | Chrom und seine Verbindungen
angegeben als Cr | |
| | Cyanide leicht löslich
angegeben als CN | |
| | Fluoride leicht löslich
angegeben als F | |
| | Kupfer und seine Verbindungen
angegeben als Cu | |
| | Mangan und seine Verbindungen
angegeben als Mn | |
| | Vanadium und seine Verbindungen
angegeben als V | |
| | Zinn und seine Verbindungen
angegeben als Sn
oder den Massenstrom | 1 mg/m ³
5 g/h |
| f) | Die Emissionen der unter Nr. 3.5.1 b) bis e) genannten Stoffe und Verbindungen dürfen insgesamt 1 mg/m ³ nicht überschreiten. | |
| g) | Arsen und seine Verbindungen
angegeben als As | |
| | Benzo(a)pyren und seine Verbindungen | |
| | Cadmium und seine Verbindungen
angegeben als Cd | |
| | Wasserlösliche Cobaltverbindungen
angegeben als Co | |
| | Chrom (VI) Verbindungen
angegeben als Cr
oder den Massenstrom | 0,05 mg/m ³
0,15 g/h |
| h) | Organische Verbindungen
angegeben als Gesamt-C | 50 mg/m ³ |
| i) | Dioxine und Furane als
Summenwert nach
Anhang 5 TA Luft
oder den Massenstrom von | 0,1 ng/m ³
0,25 µg/m ³ |

1.8 Messkomponenten und Messgrößen

Abgasrandbedingungen	Sauerstoff O ₂ , Kohlendioxid CO ₂ , Temperatur, Druck, Feuchte, Volumenstrom
gasförmige Emissionen	organische Stoffe im Abgas, angegeben als Gesamt-C
partikelförmige Emissionen	Gesamtstaub, leichtlösliche Cyanide und Fluoride, wasserlösliche Cobaltverbindungen
partikel- und gasförmige Emissionen	Quecksilber, Thallium, Blei, Cobalt, Nickel, Selen, Tellur, Antimon, Chrom, Kupfer Mangan, Vanadium, Zinn, Arsen, Cadmium, Chrom (VI)
besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe	Dioxine und Furane, Benzo(a)pyren
Geruch	entfällt

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 Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz am 27.03.2025 in Form einer Messmitteilung übermittelt.

1.11 An den Arbeiten beteiligte Personen

Dipl.-Ing. (FH) Daniela Bubalo	Projektleitung / Messingenieur
Dipl.-Ing. (FH) Ingo Ramrath	Messingenieur

1.12 Beteiligung weiterer Institute

mas münster analytical solutions gmbh Technologiepark Münster Wilhelm-Schickard-Str. 5 48149 Münster	PCDD/F- und B(a)P-Analytik
---	----------------------------

1.13 Fachlich Verantwortlicher

Name	
Telefon-Nr.	
E-Mail-Adresse	

2 Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe

2.1 Bezeichnung der Anlage

Spänebrikettieranlage

genehmigungsbedürftig gemäß BImSchG i. V. mit 8.11.2.1 des Anhangs 1 zur 4. BImSchV, in der aktuellen Fassung

2.2 Beschreibung der Anlage

In der Spänebrikettieranlage werden Metallspäne aus einem Vorratsbehälter zwecks Volumenreduktion bzw. vereinfachtem Transport sowie vereinfachter Weiterverarbeitung zu Briketts verdichtet. Es werden Späne verschiedener Herkunft nach diesem Verfahren verarbeitet.

2.3 Beschreibung der Emissionsquellen nach Betreiberangaben

Bezeichnung der Emissionsquelle	Kamin
Höhe über Grund	10 m
UTM-Koordinaten	32U 334440.994 / 5518137.054
Bauausführung	freistehender einzügiger Abluftkamin

2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe

NE-Metalle

2.5 Betriebszeiten nach Betreiberangaben

ganzjährig, Montag bis Samstag, 06:00 – 22:00 Uhr

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 wird durch festinstallierte Rohrleitungen über eine Filterentstaubung der Atmosphäre zugeführt.

2.6.1.2 Ventilatorckenndaten

Nennleistung	15.000 m³/h (Betrieb)
--------------	-----------------------

2.6.1.3 Ansaugfläche

nicht bekannt

2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen

Filterentstaubung

Hersteller	VDL Industrial Products (Holland)
Typ / Seriennummer	HAT 350 S 0340 / U-180672 1
Baujahr	2018
Anzahl Filterschläuche	144 Stück
Filtermaterial	Polyester-Nadelfilz
Abreinigung	pneumatisch
letzte Wartung	12/2021
Wartungsintervall	halbjährlich

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 0,55 m	
hydraulischer Durchmesser D_h	Ø 0,55 m	
Länge Ein-/Auslaufstrecke	ca. 5 m/3 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	7 m über Bodenniveau.
Zugang	Steigleiter
Arbeitsbereich/Messbühne	Messbühne ohne Einhausung
Traversierfläche	Tiefe: 3 m, Breite: 3 m, Fläche: ca. 9 m ² *
zusätzliche Arbeitsfläche	2 m x 3 m, ca. 6 m ²

3.1.3 Messöffnungen

Anzahl	2
Anordnung	um 90° versetzt
Größe	Ø 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	0,238 m ²
gewählte/mögliche Anzahl Messachsen	2
gewählte/mögliche Anzahl Messpunkte	je 2
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

3.2.3 Komponentenspezifische Darstellung

Messkomponente	Anzahl der Messachsen	Anzahl der Messpunkte je Messachse	Homogenitätsprüfung durchgeführt	beliebiger Messpunkt	repräsentativer Messpunkt	Netzmessung
Gesamt-C	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hg	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Schwermetalle	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gesamtstaub	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Chrom VI	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PCDD/F + B(a)P	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cobalt wasserlöslich	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cyanide/Fluoride	2	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

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 mit handschriftlicher Dokumentation

4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin

siehe Abschnitt 4.1.1	
Messverfahren	elektronisches Mikromanometer
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente pstat

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	Thermowiderstand, Pt 1000
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente T
Erfassung	einmalig vor Beginn der Messung (Anlagenbetrieb mit gleichbleibenden Abgasrandbedingungen)

4.1.5 Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)

Messverfahren	kapazitive Feuchtemessung
alternatives Messverfahren	Bestimmung der relativen Feuchte über den elektrischen Widerstand einer feuchteempfindlichen Polymerschicht
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1Z07
Prüfmittel (Hersteller/Typ/Nummer)	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente H ₂ O
Anmerkung	Die Anwendung des Messverfahrens ist möglich, da der Feuchtegehalt des Abgases außerhalb des validierten Messbereichs des Standardreferenzmessverfahren liegt (Wasserdampfkonzentrationen im feuchten Abgas < 29 g/m ³ bzw. > 250 g/m ³).

4.1.6 Abgasdichte

berechnet unter Berücksichtigung der natürlichen 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

gasförmige organische Stoffe, angegeben als Gesamt-C

4.2.2 Messverfahren

Gesamt-C (Flammenionisationsdetektor (FID)) DIN EN 12619 (2013-04)
 Müller-BBM-Prüfanweisungen 16-1102 (Gesamt-C)

4.2.3 Analysatoren

organische Gase

Gesamt-C (Hersteller/Typ/Nummer/...) siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente
 Ges-C

4.2.4 Eingestellter Messbereich

Gesamt-C 0... 160,8 mgC/m³

4.2.5 Messplatzaufbau

organische Gase (FID)

Entnahmesonde Edelstahl, unbeheizt, Länge 0,6 m
 Partikelfilter Keramikfilter, außenliegend, beheizt auf 180 °C
 Probegasleitung zum FID Länge ca. 10 m, PTFE-Leitung, beheizt auf 180 °C
 Werkstoff der gasführenden Teile Edelstahl, Titan, PTFE, Glas
 Messgasaufbereitung entfällt

4.2.6 Überprüfung der Gerätekenlinie

Prüfgas	Propan C₃H₈
Hersteller	Westfalen
Flaschennummer	506106585
Konzentration	128,0 mg/m ³ 104,7 mgC/m ³
Rest	synth. Luft
Analysentoleranz	± 2 %
zertifiziert	Hersteller
Datum	02.12.2024
Stabilitätsgarantie	12 Monate
Garantiezeit eingehalten	ja

Nullgas synthetische Luft

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

4.2.7 90 % Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

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

4.2.8 Erfassung/Registrierung der Messwerte

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

4.2.9 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Regelmäßige Durchführung von Funktionskontrollen nach DIN EN 14181, Überprüfung der eingesetzten Prüfgase durch Vergleich mit DKD-zertifizierten Gasen, Qualitätssicherung nach DIN EN 12619, 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

entfällt

4.4 Messverfahren für partikelförmige Emissionen

4.4.1 Gesamtstaub

4.4.1.1 Messverfahren

VDI 2066, Blatt 1 (2021-05)	Messen von Partikeln - Staubbmessungen in strömenden Gasen - Gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-2D01 (Vorbehandlung und Wägung von Filtermaterialien) 16-1D01 (Staub in geringen Konzentrationen messen DIN 13284 und VDI 2066 Bl. 1)
Durchführung der Probenahme	isokinetische Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumens aus dem Hauptvolumenstrom und Abscheidung des enthaltenen Staubes durch ein Rückhaltesystem, Gravimetrie

4.4.1.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	Absaugdüse, Partikelfilter, Lanze, Kondensatgefäß mit Trockenturm, Pumpe mit Gasuhr und Temperaturfühler
Entnahmesonde	Edelstahl, unbeheizt, Länge 0,5 m
Partikelfilter	Planfilter im Filtergehäuse aus Titan, innenliegend, unbeheizt, parallel zur Strömungsrichtung positioniert
Abscheidemedium (Typ/Durchmesser/Hersteller)	Quarzfaser-Planfilter / Typ MK 360 Blattdurchmesser 45 mm Munktell Filter AB, Schweden ohne organische Bindemittel, hohe Schwermetallreinheit
Probenahmesystem	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente Staub
eingestellter Durchfluss	gemäß Isokinetik
Transport und Lagerung	Filter in Rundbehältern aus PE oder Polystyrol, Sondenspül- lösung in dichten Glasgefäßen

4.4.1.3 Behandlung des Abscheidemediums und der Ablagerungen

Trocknungstemperatur vor und nach der Beaufschlagung	180 °C/160 °C
Trocknungszeit vor und nach der Beaufschlagung	≥ 1 h
Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Filter	mindestens 1-mal Spüllösung pro Messreihe und Tag
Behandlung der Spüllösungen	eindampfen, trocknen, abkühlen analog Planfilter
Äquilibrierung vor und nach der Beaufschlagung	24 h/24 h klimatisierter Wägeraum
Waage	
Typ/Hersteller/Prüfmittelnummer	Analysenwaage MSA225-100-DA/Sartorius/8033 bzw. Analysenwaage MSA225-100-DI/Sartorius/8034
letzte Überprüfung	arbeitstäglich sowie jährlich im Rahmen des Qualitäts- managements Müller-BBM

4.4.1.4 Verfahrenskenngrößen

absolute Bestimmungsgrenze	0,3 mg (Planfilter) 0,3 mg (Spüllösung)
relative Bestimmungsgrenze	0,3 mg/m ³ bei 1 m ³ Probegasvolumen
Blindwertbestimmungen	Planfilter F281: < 0,3 mg Spüllösung B13: < 0,3 mg
Bestimmung der Ablagerungen	0,3 mg
Analysenunsicherheit	0,3 mg (Planfilter) 0,3 mg (Spüllösung)

4.4.1.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

jährliche Wartung der Waage (Hersteller), vor jeder Wägeserie Überprüfung mit Gebrauchsnorm
Doppelbestimmungen, Blindwertbestimmungen, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen
QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM

Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
Messunsicherheit	siehe 6.3

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

4.4.2.1 Messverfahren

DIN EN 14385 (2004-05)	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

4.4.2.2 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 0,5 m

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. 0,6 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: 28 Tage (Analyse am 13.05.2025) Absorptionslösung: 10 Tage (Analyse am 25.04.2025)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.4.2.3 Aufbereitung und Auswertung der Messfilter und der Absorptionslösungen

Messfilter (Aufarbeitung des Probenmaterials) Messfilter Co wasserlöslich	Mikrowellendruckaufschluss mit HNO ₃ /H ₂ O ₂ und Flusssäure Elution mit Wasser
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)
Analysebedingungen	Hot Plasma (ca. 8.000 K)
Standard	6-Punkt-Kalibrierung der Analyten mit geeignetem, massenabhängigem internen Standard (Rhodium, Scandium, Ruthenium, Germanium, Rhenium)

4.4.2.4 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	3,50 % (bestimmt aus Kontrollstandards und Doppelbestimmungen)

4.4.2.5 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	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
Messunsicherheit	siehe 6.3

4.4.3 Quecksilber

4.4.3.1 Messverfahren

DIN EN 13211 (2001-06)
 DIN EN 13211 (2005-06)
 Berichtigung zu DIN EN 13211:2001-06
 DIN EN 1483 (1997-08)

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

Referenzverfahren Analytik
 UV-Fotometrie

Müller-BBM-Prüfanweisungen

16-1D04; 16-2D04

4.4.3.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung

Partikelabscheidung/beheizte Probenahme/zweistufige Absorption/Gasprobennehmer

Durchführung der Probenahme

isokinetisch,
 Filter: Schwermetallprobenahme, Hauptstromverfahren
 Absorptionslösung: Teilstromverfahren

Entnahmesonde

Titan, beheizt auf 180 °C, Länge 0,5 m

Partikelfilter

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

Probegasleitung

entfällt

Werkstoff der gasführenden Teile

Titan, Glas

Ab-/Adsorptionseinrichtung

zwei Muenke-Waschflaschen in Reihe, dritte Waschflasche als Tropfenfänger

Sorptionsmittel

schwefelsaure KMnO_4 -Lösung

Sorptionsmittelmenge

40 ml je Waschflasche

Probenahmesystem

siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente Hg

eingestellter Durchfluss

Filter: gemäß Isokinetik
 Absorptionslösung: ca. 0,12 m³/h

Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement

ca. 0,6 m

Probentransfer

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

Standzeit der Proben

Filter: 20 Tage (Analyse am 05.05.2025)
 Absorptionslösung: 10 Tage (Analyse am 25.04.2025)

Beteiligung eines Fremdlabors

keine

4.4.3.3 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

4.4.3.4 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeit)	keine bekannt
absolute Bestimmungsgrenze	0,01 µg/Probe
relative Bestimmungsgrenze	0,2 µg/m ³ bei 0,05 Nm ³ (Absorptionslösung) 0,025 µg/m ³ bei 1 Nm ³ (Planfilter)
Analysenunsicherheit	4,0 % vom Messwert

4.4.3.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

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

4.4.4 An Staub adsorbierte chemische Chrom (VI)-Verbindungen einschließlich filtergängiger Anteile, angegeben als Cr

4.4.4.1 Messverfahren

IFA 6665 (10 – 2014)	Chrom(VI)-Verbindungen – Bestimmung des Chromatgehaltes mittels Photometrie
Durchführung der Probenahme	isokinetische Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumens aus dem Hauptvolumenstrom und Abscheidung des enthaltenen Staubes und filtergängiger Anteile durch Rückhaltesysteme
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1D03; 16-2D06

4.4.4.2 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 0,5 m

Rückhaltesystem für partikelförmige Stoffe

Partikelfilter	Planfilter im Filtergehäuse aus Titan, innenliegend, beheizt auf Abgastemperatur, parallel zur 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 Impinger-Waschflaschen und ein Tropfenabscheider in Reihe
Sorptionsmittel	0,5 n Schwefelsäure
Sorptionsmittelmenge	40 ml je Impingerwaschflasche
Abstand Sondenöffnung/Abscheideelement	ca. 0,6 m
Probentransfer	Planfilter in Rundbehältern aus PE oder Polystyrol; Absorptionslösungen ungekühlt in 100-ml-PE-Gefäßen
Probenahmesystem	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente Cr(VI)
eingestellter Durchfluss	gemäß Isokinetik
Standzeit der Proben	Analyse 16.-24.04.2025
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.4.4.3 Aufbereitung und Auswertung der Messfilter und der Absorptionslösungen

Messfilter (Aufarbeitung des Probenmaterials)	alkalische Elution der Planfilter, Umsetzung mit 1,5-Diphenylcarbazid-Lösung
Absorptionslösung	Umsetzung mit 1,5-Diphenylcarbazid-Lösung
Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung des Chromatgehaltes mittels Photometrie
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	UV/VIS-Photometer, Perkin-Elmer Lambda 35
Analysebedingungen	540 nm Wellenlänge, 5 cm Küvette
Standard	K ₂ CrO ₄ -Standardlösungen

4.4.4.4 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeiten)	Störungen durch Fe, Cu, Ni, V; außerdem stören Reduktionsmittel (z. B. Fe(0), Fe(II))
absolute Bestimmungsgrenze	0,5 µg/Probe
relative Bestimmungsgrenze	0,01 mg/m ³ bei 0,05 Nm ³ Probegasvolumen
Analysenunsicherheit	4,0 % (bestimmt aus Kontrollstandards und Doppelbestimmungen)

4.4.4.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Blindwertbestimmungen

Element	Planfilter M470	Absorptionslösung Cr (VI)-BW
Cr (VI)	< 0,01 mg/l	< 0,01 mg/l

Doppelbestimmungen, Blindwertbestimmungen, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen

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

Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung Bestimmung der Leckrate bei verschlossener Sondenöffnung
---	--

Messunsicherheit siehe 6.3

4.4.5 Leichtlösliche Cyanide/Fluoride

4.4.5.1 Messverfahren

Hausverfahren IFA 6725 (2012-11)	Bestimmung des Cyanidgehaltes mittels ionensensitiver Elektrode
Hausverfahren VDI 2470, Blatt 1 (1975-10) (Fluoride)	Bestimmung des Fluoridgehaltes mittels ionensensitiver Elektrode
Durchführung der Probenahme	isokinetische Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumens aus dem Hauptvolumenstrom und Abscheidung des enthaltenen Staubes durch ein Rückhaltesystem
Müller-BBM-Prüfanweisungen	16-1D01 (Staub geringe Konzentrationen messen DIN 13284 und VDI 2066 Bl. 1) 16-1A13; 16-2A13 (Cyanide) 16-1A02; 16-2A02 (Fluoride)

4.4.5.2 Messplatzaufbau

Aufbau der Probenahmeeinrichtung	Absaugdüse, Partikelfilter, Kondensatgefäß mit Trockenturm, Pumpe mit Gasuhr und Temperaturfühler
Entnahmesonde	Titan, unbeheizt, Länge 0,5 m
Partikelfilter	Planfilter im Filtergehäuse aus Titan, innenliegend, beheizt auf Abgastemperatur, parallel zur Strömungsrichtung positioniert
Abscheidemedium (Typ/Durchmesser/Hersteller)	Quarzfaser-Planfilter / Typ MK 360 Blattdurchmesser 45 mm Munktell Filter AB, Schweden ohne organische Bindemittel, hohe Schwermetallreinheit
Probentransfer	Filter in Rundbehältern aus PE oder Polystyrol, Sondenspülung in dichten Glasgefäßen
Probenahmesystem	siehe Anlage 3, Prüfmittelkatalog, Messkomponente Cyanide/Fluoride
eingestellter Durchfluss	gemäß Isokinetik
Standzeit der Proben	Analyse am 14.05.2025 (Cyanide) Analyse am 12.05.2025 (Fluoride)
Beteiligung eines Fremdlabors	keine

4.4.5.3 Aufbereitung und Auswertung der Messfilter

Messfilter (Aufarbeitung des Probenmaterials)	wässrige Extraktion des Filters
Beschreibung des Analysenverfahrens	Bestimmung des Cyanidgehaltes/Fluoridgehaltes mittels ionensensitiver Elektrode
Analysengeräte (Hersteller/Typ)	Cyanid-Elektrode Mettler Toledo perfectION pH-Elektrode Mettler Toledo InLab Micro Pro-ISM Fluorid-Elektrode Mettler Toledo perfectION pH-Elektrode Mettler Toledo InLab Micro Pro-ISM
Standard	Kaliumzinkcyanid-Lösung, Standardkalibrierverfahren Natriumfluorid-Lösung, Standardkalibrierverfahren

4.4.5.4 Verfahrenskenngrößen

Einfluss von Begleitstoffen (Querempfindlichkeiten)	Sulfide (müssen vor der Analyse ausgefällt werden), einige Schwermetalle wie Cd, Zn, Ag, Ni, Cu, Fe und Hg komplexieren das Cyanid-Ion und können zu Minderbefunden führen. (Cyanide) Einige Schwermetalle wie Cd, Zn, Ag, Ni, Cu, Fe und Hg komplexieren das Fluorid-Ion und können zu Minderbefunden führen. (Fluoride)
absolute Bestimmungsgrenze	0,003 mg/Probe
relative Bestimmungsgrenze	0,003 mg/m ³ bei 1 Nm ³ Probegasvolumen
Analysenunsicherheit	5,0 % (Cyanide) / 2,0 % (Fluoride) vom Messwert

4.4.5.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Doppelbestimmungen, Blindwertbestimmungen, regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen	
QM-System gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Kalibrierungen gemäß Qualitätsmanagement Müller-BBM	
Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung 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; Gasuhr mit Temperaturfühler
Entnahmesonde	wassergekühlte Titansonde mit auswechselbarem Duranglas- bzw. Quarzglasrohr, Länge 0,5 m
Partikelfilter	Quarzfaserplanfilter vor der letzten Adsorptionsstufe

Absorptionseinrichtung	Kondensatgefäß mit Tauchrohr (1 ... 3 Liter), Tropfenabscheider (bei hoher Abgasfeuchte und heißen Abgasen) 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 m ³ /h (gemäß Isokinetik)
Abstand zwischen Ansaugöffnung der Entnahmesonde und dem Sorptionsmittel	ca. 0,8 m

4.5.1.3 Probenahme und Nachbehandlung

Nachbehandlung	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	24.04.-15.05.2025
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	Durchflusskontrolle Unterdruckprüfung 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 gespikelt wurde. Bei korrekter Probenahme müssen die Wiederfindungsraten größer 50 % liegen, andernfalls sind die Proben zu verwerfen.

Tabelle 4.1.1.6.1. PCDD/F-Wiederfindungsraten.

Messung (Datum/Uhrzeit) Standard	15.04.2025 09:01-12:23
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	77 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	80 %
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	105 %

Tabelle 4.1.1.6.2. PCB-Wiederfindungsraten.

Messung (Datum/Uhrzeit) Standard	15.04.2025 09:01-12:23
¹³ C ₁₂ -PCB 60	100 %
¹³ C ₁₂ -PCB 127	105 %
¹³ C ₁₂ -PCB 159	92 %

4.5.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) (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 H ₂ O, Toluol und Aceton
Probentransfer	lichtgeschützt, Kondensat und Spüllösung in Braunglasflaschen
Zeitraum zwischen Probenahme und Probenaufbereitung	max. 9 Tage
Zeitraum der Analyse	24.04.-15.05.2025
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 m ³ Probenahmenvolumen	für Benzo(a)pyren i.d.R. bei 0,001 µg/m ³ (Phenanthren 0,005 µg/m ³ , Naphthalin 0,1 µg/m ³)

relative erweiterte Messunsicherheit

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

Benzo(a)pyren: 24,0 %

16 EPA-PAK: 20,8 %

4.5.2.6 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

Durchflusskontrolle

Messunsicherheit

siehe 6.3

4.6 Geruchsemission

entfällt

5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Datenbasis: Betreiberangaben und Erhebungen durch Müller-BBM

5.1 Produktionsanlage

Betriebsweise	repräsentativer Betriebszustand Die Brikettiermaschine war innerhalb des gesamten Messzeitraumes in Betrieb.
Durchsatz/Leistung	5,5 t/h
Einsatzstoffe	NE-Metallspäne (sortiert)
Produkte	Spänebriketts
Abweichungen von genehmigter oder bestimmungsgemäßer Betriebsweise	keine
besondere Vorkommnisse	Ab 12.23 Uhr konnte die Spänebrikettieranlage nicht weiter betrieben werden, da es zu hydraulischen Problemen kam. Die Messungen (PCDD/F, B(a)P und Schwermetalle) wurden zu diesem Zeitpunkt abgebrochen. Die bis dahin genommenen Proben wurden entsprechend ausgewertet.

5.2 Abgasreinigungsanlagen

filternde Abscheider

Abreinigungszyklus	pneumatisch
Druckverlust	keine Anzeige
letzter Filterschlauchwechsel	2018
Abweichungen von bestimmungsgemäßer Betriebsweise	keine
besondere Vorkommnisse	keine

6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

6.1 Beurteilung der Betriebsbedingungen während der Messungen

Zum Zeitpunkt der Messungen wurde die Spänebrikkettieranlage bestimmungsgemäß betrieben (vgl. Abschnitt 5.1). Unter diesen Bedingungen lag laut Betreiber mit 5,5 t/h eine repräsentative bis maximale Auslastung vor. Der Durchsatz ist abhängig von der Dichte der verarbeiteten Metallspäne. Innerhalb des Messzeitraumes wurde die Presse kontinuierlich betrieben.

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, Benzo(a)pyren), deren Konzentrationen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, unberücksichtigt (für den Fall, dass alle in der Summe enthaltenen Einzelkomponenten unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, ergibt sich demzufolge für den Summenwert der Zahlenwert „Null“).

Tabelle 6.2.1. Messergebnisse Abgasrandbedingungen.

Datum	Zeit	P hPa	v m/s	T °C	H ₂ O Vol. %	O ₂ Vol. %	dV/dt, Betrieb m ³ /h	dV/dt, N,f m ³ /h,N,f	dV/dt, N,tr m ³ /h,N,tr
15.04.2025	08:40-08:45	988,6	17,6	17,2	1,1	20,9	15026	13792	13635
P	Druck			T	Temperatur		O ₂	Sauerstoff	
v	Strömungsgeschwindigkeit			H ₂ O	Abgasfeuchte		dV/dt	Volumenstrom	

Tabelle 6.2.2. Messergebnisse C-Gesamt.

Komponente	C Ges									
Nr	Datum	Zeit	C Ges mgC/m ³	H ₂ O Vol. %	C Ges 1) mgC/m ³	C Ges 1)3) NmgC/m ³	Up 2)3) NmgC/m ³	C Ges 3) g/h	Up 2)3) g/h	
1	15.04.2025	09:10-09:40	5,78	1,1	5,84	5,8	2,7	79,6	37,5	
2	15.04.2025	09:45-10:15	7,12	1,1	7,20	7,2	2,7	98,1	37,6	
3	15.04.2025	10:22-10:52	8,00	1,1	8,09	8,0	2,7	110,3	37,7	
4	15.04.2025	10:57-11:27	7,18	1,1	7,26	7,2	2,7	99,0	37,6	
5	15.04.2025	11:33-12:03	7,31	1,1	7,40	7,3	2,7	100,8	37,6	
6	15.04.2025	12:07-12:21	7,77	1,1	7,86	7,8	2,7	107,1	37,6	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)						7,2		99,2		
Maximalwert						8,0		110,3		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit						5		73		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit						11		148		
Grenzwert						50		-		

1) keine O₂-Bezugswertrechnung

2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt

3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

Tabelle 6.2.3. Messergebnisse Gesamtstaub.

Komponente		Staub										
Nr	Datum	Zeit	Staub mg/Probe	Volumen		Düse mm	Absaugfehler %	Staub	Staub	Up	Staub	Up
				1) mg/m ³ ,N	1)3) mg/m ³ ,N			2)3) mg/m ³ ,N	3) g/h	2)3) g/h		
1	15.04.2025	09:10-09:40	0,49	0,837	6	3	0,59	0,5	0,1	7,9	1,8	
2	15.04.2025	10:22-10:52	0,47	0,835	6	3	0,56	0,5	0,1	7,6	1,8	
3	15.04.2025	11:33-12:03	0,68	0,825	6	2	0,82	0,8	0,1	11,2	1,8	
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)								0,6		8,9		
Maximalwert								0,8		11,2		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit								1		9		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit								1		13		
Grenzwert								10		-		

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

Tabelle 6.2.4. Messergebnisse Klasse I, 5.2.7.1.1 TA Luft (As, B(a)P, Cd, Co (wasserlöslich), Cr(VI)).

Komponente		Klasse I (As, B(a)P, Cd, Cowl, Cr VI) gem. Ziffer 5.2.7.1.1 TA Luft											
Nr	Datum	Zeit	Volumen 1		Volumen 2		Düse, Absaugfehler		Klasse I	Klasse I	Up	Klasse I	Up
			5) m ³ N	5) m ³ N	4) mm	4) %	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	15.04.2025	09:45-10:15	0,771	0,828	6	2	0,36	0,0003	0,0000	0,004	0,0005		
2	15.04.2025	10:57-11:27	0,774	0,828	6	2	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		
3	15.04.2025	12:07-12:21	0,382	0,409	6	8	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)								0,0001		0,001			
Maximalwert								0,0003		0,004			
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit								0,00		0,00			
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit								0,00		0,00			
Grenzwert								0,05		0,15			

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
 4) Berechnung des Absaugfehlers unter Berücksichtigung der Probenahmevolumina anderer Komponenten.
 5) Die zur Summenberechnung verwendeten Einzelanalysen sind auf verschiedene Probenahmevolumina bezogen.

Tabelle 6.2.5. Messergebnisse Klasse I, 5.2.2 TA Luft (Hg).

Komponente		Klasse I (Hg) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft											
Nr	Datum	Zeit	Volumen 1		Volumen 2		Düse, Absaugfehler		Klasse I	Klasse I	Up	Klasse I	Up
			5) m ³ N	5) m ³ N	4) mm	4) %	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	15.04.2025	09:45-10:15	0,771	0,828	6	2	0,09	0,0000	0,0000	0,001	0,0001		
2	15.04.2025	10:57-11:27	0,774	0,828	6	2	0,23	0,0002	0,0000	0,003	0,0002		
3	15.04.2025	12:07-12:21	0,382	0,409	6	8	0,37	0,0003	0,0000	0,004	0,0004		
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)								0,0002		0,003			
Maximalwert								0,0003		0,004			
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit								0,00		0,00			
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit								0,00		0,00			
Grenzwert								0,05		0,25			

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
 4) Berechnung des Absaugfehlers unter Berücksichtigung der Probenahmevolumina anderer Komponenten.
 5) Die zur Summenberechnung verwendeten Einzelanalysen sind auf verschiedene Probenahmevolumina bezogen.

Tabelle 6.2.6. Messergebnisse Klasse I, 5.2.2 TA Luft (TI).

Komponente			Klasse I (TI) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft							
Nr	Datum	Zeit	Volumen		Düse, Absaugfehler		Klasse I		Klasse I	
			5) m³N	5) m³N	4) mm	4) %	1) µg/m³,N	1)3) mg/m³,N	Up 2)3) mg/m³,N	3) g/h
1	15.04.2025	09:45-10:15	0,771	0,828	6	2	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	15.04.2025	10:57-11:27	0,774	0,828	6	2	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
3	15.04.2025	12:07-12:21	0,382	0,409	6	8	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)								0,0000	0,0000	0,0000
Maximalwert								0,0000	0,0000	0,0000
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit								0,00	0,00	0,00
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit								0,00	0,00	0,00
Grenzwert								0,05	0,25	0,25

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
- 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
- 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
- 4) Berechnung des Absaugfehlers unter Berücksichtigung der Probenahmeverolumina anderer Komponenten.
- 5) Die zur Summenberechnung verwendeten Einzelanalysen sind auf verschiedene Probenahmeverolumina bezogen.

Tabelle 6.2.7. Messergebnisse Klasse II, 5.2.2 TA Luft (Pb, Co, Ni, Se, Te).

Komponente			Klasse II (Pb, Co, Ni, Se, Te) gem. Ziffer 5.4.3.3.1 TA Luft							
Nr	Datum	Zeit	Volumen		Düse, Absaugfehler		Klasse II		Klasse II	
			5) m³N	5) m³N	4) mm	4) %	1) µg/m³,N	1)3) mg/m³,N	Up 2)3) mg/m³,N	3) g/h
1	15.04.2025	09:45-10:15	0,771	0,828	6	2	0,70	0,000	0,000	0,009
2	15.04.2025	10:57-11:27	0,774	0,828	6	2	3,15	0,003	0,000	0,04
3	15.04.2025	12:07-12:21	0,382	0,409	6	8	0,00	0,000	0,000	0,000
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)								0,001	0,000	0,01
Maximalwert								0,003	0,000	0,04
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit								0,0	0,00	0,0
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit								0,0	0,00	0,0
Grenzwert								0,5	0,00	2,5

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
- 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
- 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
- 4) Berechnung des Absaugfehlers unter Berücksichtigung der Probenahmeverolumina anderer Komponenten.
- 5) Die zur Summenberechnung verwendeten Einzelanalysen sind auf verschiedene Probenahmeverolumina bezogen.

Tabelle 6.2.8. Messergebnisse Klasse III, 5.2.2 TA Luft (Sb, Cr, Cu, Mn, V, Sn, CN, F).

Komponente			Klasse III (Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft							
Nr	Datum	Zeit	Volumen		Düse, Absaugfehler		Klasse III		Klasse III	
			5) m³N	5) m³N	4) mm	4) %	1) µg/m³,N	1)3) mg/m³,N	Up 2)3) mg/m³,N	3) g/h
1	15.04.2025	09:45-10:15	0,771	0,828	6	2	2,25	0,00	0,00	0,03
2	15.04.2025	10:57-11:27	0,774	0,828	6	2	5,24	0,00	0,00	0,07
3	15.04.2025	12:07-12:21	0,382	0,409	6	8	2,35	0,00	0,00	0,03
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)								0,00	0,00	0,04
Maximalwert								0,00	0,00	0,07
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit								0	0,00	0
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit								0	0,00	0
Grenzwert								1	0,00	5

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
- 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
- 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
- 4) Berechnung des Absaugfehlers unter Berücksichtigung der Probenahmeverolumina anderer Komponenten.
- 5) Die zur Summenberechnung verwendeten Einzelanalysen sind auf verschiedene Probenahmeverolumina bezogen.

Tabelle 6.2.9. Messergebnisse Klasse I bis III, 5.2.2 TA Luft (Hg, Tl, Pb, Co, Ni, Se, Te, Sb, Cr, Cu, Mn, V, Sn, CN, F).

Komponente			Klasse I bis III (Hg, Tl, Pb, Co, Ni, Se, Te, Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft							
Nr	Datum	Zeit	Volumen 1	Volumen 2	Düse, Absaugfehler 4)	Klasse I bis III 1)	Klasse I bis III 1)3)	Up 2)3)	Klasse I bis III 3)	Up 2)3)
			m ³ N	m ³ N						
1	15.04.2025	09:45-10:15	0,771	0,828	6 2	3,04	0,00	0,00	0,04	0,004
2	15.04.2025	10:57-11:27	0,774	0,828	6 2	8,61	0,00	0,00	0,11	0,01
3	15.04.2025	12:07-12:21	0,382	0,409	6 8	2,71	0,00	0,00	0,03	0,003
Mittelwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							0,00		0,06	
Maximalwert							0,00		0,11	
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0		0,1	
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							0		0,1	
Grenzwert							1		-	

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
- 2) Bestimmung der Messunsicherheit (Up): indirekt
- 3) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht
- 4) Berechnung des Absaugfehlers unter Berücksichtigung der Probenahmevolumina anderer Komponenten.
- 5) Die zur Summenberechnung verwendeten Einzelanalysen sind auf verschiedene Probenahmevolumina bezogen.

Tabelle 6.2.10. Messergebnisse PCDD/F.

Komponente				PCDD/F							
Nr	Datum	Zeit	I-TE/Q ng/Probe	Volumen	Düse	Absaugfehler	I-TE/Q 1) ng/m ³ ,N	I-TE/Q 1)3) ng/m ³ ,N	Up 2)3) ng/m ³ ,N	I-TE/Q 3) mg/h	Up 2)3) mg/h
				m ³ N							
1	15.04.2025	09:01-12:21	0,000	3,741	5	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximalwert (Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) mit 0% der BG berücksichtigt)							0,000		0,000		
Maximalwert - erweiterte Messunsicherheit							0,0		0,0		
Maximalwert + erweiterte Messunsicherheit							0,0		0,0		
Grenzwert							0,1		-		

- 1) keine O₂-Bezugswertrechnung
- 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 Massenkonzentrationen.

Komponente	Einheit	Y_{max}	U_P	$Y_{max-U_P^*}$	$Y_{max+U_P^*}$	Bestimmungsmethode		
Staub	mg/m ³ ,N	0,8	0,1	1	1	indirekt		
C Ges	mgC/m ³ ,N	8,0	2,7	5	11	indirekt		
Klasse I (Hg) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	mg/m ³ ,N	0,0003	0,0000	0,00	0,00	indirekt	
Klasse I (Tl) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	mg/m ³ ,N	0,0000	0,0000	0,00	0,00	indirekt	
Klasse II (Pb, Co, Ni, Se, Te) gem. Ziffer 5.4.3.3.1 TA Luft	Klasse II	mg/m ³ ,N	0,003	0,000	0,0	0,0	indirekt	
Klasse III (Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse III	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0	0	indirekt	
Klasse I bis III (Hg, Tl, Pb, Co, Ni, Se, Te, Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I bis III	mg/m ³ ,N	0,00	0,00	0	0	indirekt	
Klasse I (As, B(a)P, Cd, Cowl, Cr VI) gem. Ziffer 5.2.7.1.1 TA Luft	Klasse I	1)	mg/m ³ ,N	0,0003	0,0000	0,00	0,00	indirekt
PCDD/F	I-TE/Q	1)	ng/m ³ ,N	0,000	0,000	0,0	0,0	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

1) Fremdanalytik (siehe 1.12)

Y_{max} : maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

Tabelle 6.3.2. Messunsicherheit Massenströme.

Komponente	Einheit	Y_{max}	U_P	$Y_{max-U_P^*}$	$Y_{max+U_P^*}$	Bestimmungsmethode		
Staub	g/h	11,2	1,8	9	13	indirekt		
C Ges	g/h	110,3	37,7	73	148	indirekt		
Klasse I (Hg) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	g/h	0,004	0,0004	0,00	0,00	indirekt	
Klasse I (Tl) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I	g/h	0,0000	0,0000	0,00	0,00	indirekt	
Klasse II (Pb, Co, Ni, Se, Te) gem. Ziffer 5.4.3.3.1 TA Luft	Klasse II	g/h	0,04	0,004	0,0	0,0	indirekt	
Klasse III (Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse III	g/h	0,07	0,00	0	0	indirekt	
Klasse I bis III (Hg, Tl, Pb, Co, Ni, Se, Te, Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn) gem. Ziffer 5.2.2 TA Luft	Klasse I bis III	g/h	0,11	0,01	0,1	0,1	indirekt	
Klasse I (As, B(a)P, Cd, Cowl, Cr VI) gem. Ziffer 5.2.7.1.1 TA Luft	Klasse I	1)	g/h	0,004	0,0005	0,00	0,00	indirekt
PCDD/F	I-TE/Q	1)	mg/h	0,000	0,000	0,0	0,0	indirekt

*) Rundung gemäß bundeseinheitlichem Mustermessbericht

1) Fremdanalytik (siehe 1.12)

Y_{max} : maximaler Messwert

U_P : Messunsicherheit

6.4 Diskussion der Ergebnisse

Unter Berücksichtigung des zugrunde liegenden Prozesses, der Art der Abgaserfassung und Abgasreinigung wurden Messergebnisse ermittelt, die hinsichtlich der gefundenen Größenordnungen plausibel erscheinen. Sie sind – auch im Hinblick auf die Mehrfachbestimmungen – als plausibel einzustufen.

Für den Inhalt des Berichtes zeichnen verantwortlich:



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: Prüfprotokoll mas

Anlage 1: Mess- und Rechenwerte

Tabelle 7.1.1. Mess- und Rechenwerte Abgasrandbedingungen/Strömungsprofil.

Projekt-Nr.	M180575		
Betreiber	Theo Steil		
Anlage	EQ7		
Messstelle	Reingas		
Brennstoff	Umgebungsluft		
Betriebszustand	Volllast, 5,5 t/h	WAF Pos. 10.4, EN16911-1	1,000
Datum	15.04.2025	Faktor Staudrucksonde	0,998
Luftdruck	hPa 986,0	O ₂ -Konzentration	Vol.% 20,9
statischer Druck	hPa 2,6	CO ₂ -Konzentration	Vol.% 0,0
Kanalform	kreisförmig	Abgastemperatur	°C 17,2
Kanaldurchmesser	m 0,55	Abgasfeuchte	rF [%] 57,5
		Abgasfeuchte	g/m ³ 9,3
Kanalfläche	m ² 0,238		
Anzahl der Messachsen	2	Dichte Betrieb	kg/m ³ 1,182
Anzahl der Messpunkte/Achse	2	Dichte N,f	kg/m ³ 1,288
Anzahl der Messpunkte/Ebene	4	Dichte N,tr	kg/m ³ 1,293
Teilfläche	m ² 0,059		

Zeit	Teilfläche	Eintauchtiefe	dynamischer Druck	Geschwindigkeit Betrieb	dV/dt Betrieb	dV/dt N,f	dV/dt N,tr
hh:mm	(Achse/Nr.)	mm	hPa	m/s	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
08:40	1	81	2,23	19,4	4142	3802	3759
	1	469	1,62	16,5	3533	3243	3206
	2	81	1,71	17,0	3626	3329	3291
08:45	2	469	1,80	17,4	3724	3418	3380
		Mittelwert	1,84	17,57			
		Summe			15026	13792	13635

Tabelle 7.1.2. Mess- und Rechenwerte Gesamtkohlenstoff - Driftberechnung.

Driften C Ges	berechnet mit	Maximalwert	Toleranz
Datum	Nullpunkt	Referenzpunkt	
Prüfmittel	0,00	104,70	2,0%
15.04.2025	0,38	104,80	mgC/m ³
15.04.2025	1,18	103,20	mgC/m ³
Drift [%]	1	-2	

Tabelle 7.1.3. Mess- und Rechenwerte Gesamtstaub.

Komponente		Staub									
Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse mg/Probe	Staub mg/m ³	Proben-bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %
15.04.2025	09:10-09:40	0,999	0,910	15,7	986	0,837	0,49	0,6	M512	6	3
15.04.2025	10:22-10:52	0,999	0,916	18,3	986	0,835	0,47	0,6	M513	6	3
15.04.2025	11:33-12:03	0,999	0,912	20,3	986	0,825	0,68	0,8	M73	6	2
				Blindwert			0,22	0,3			

Tabelle 7.1.4. Mess- und Rechenwerte Schwermetalle.

Komponente		SM_TS								
Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Proben-bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %	
15.04.2025	09:45-10:15	1,004	0,840	17,6	986	0,771	M272, M1a,1b	6	2	
15.04.2025	10:57-11:27	1,004	0,851	20,1	986	0,774	M142, M2	6	2	
15.04.2025	12:07-12:21	1,004	0,422	22,0	986	0,382	M582, M3	6	8	

Tabelle 7.1.5. Mess- und Rechenwerte Cyanide/Fluoride.

Komponente CNF

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Proben-bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %
15.04.2025	09:10-09:40	0,999	0,910	15,7	986	0,837	M512	6	3
15.04.2025	10:22-10:52	0,999	0,916	18,3	986	0,835	M513	6	3
15.04.2025	11:33-12:03	0,999	0,912	20,3	986	0,825	M73	6	2

Komponente CNF

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	CN		F	
				partikulär µg/Probe	partikulär µg/m ³	partikulär µg/Probe	partikulär µg/m ³
1	15.04.2025	09:10-09:40	0,837	0,0000	<3,15	0,0000	<3,27
2	15.04.2025	10:22-10:52	0,835	0,0000	<3,15	0,0000	<3,27
3	15.04.2025	11:33-12:03	0,825	0,0000	<3,15	0,0000	<3,27
		BG		2,6000	3,1504	2,7000	3,2716
		BW		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

Tabelle 7.1.6. Mess- und Rechenwerte Quecksilber filtergängig.

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.
15.04.2025	09:45-10:15	1,003	0,063	21,3	986	0,057	0,01	0,1	M1a, 1b
15.04.2025	10:57-11:27	1,003	0,060	24,0	986	0,054	0,01	0,2	M2
15.04.2025	12:07-12:21	1,003	0,030	23,5	986	0,027	0,01	0,4	M3
				Blindwert			0,00	0,0	

Tabelle 7.1.7. Mess- und Rechenwerte Chrom (VI).

Komponente CrVI

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Proben-bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %
15.04.2025	09:10-09:40	1,004	0,900	15,6	986	0,832	523, M1a, M	6	3
15.04.2025	10:22-10:52	1,004	0,919	19,4	986	0,838	M307, M2	6	3
15.04.2025	11:33-12:03	1,004	0,902	21,0	986	0,818	M147, M3	6	1

Komponente CrVI

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	CrVI filtergängig		CrVI partikulär	
				µg/Probe	µg/m ³	µg/Probe	µg/m ³
1	15.04.2025	09:10-09:40	0,832	0,0000	<1,69	0,0000	<0,83
2	15.04.2025	10:22-10:52	0,838	0,0000	<1,69	0,0000	<0,83
3	15.04.2025	11:33-12:03	0,818	0,0000	<1,69	0,0000	<0,83
		BG		1,3800	1,6863	0,6800	0,8310
		BW		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

Tabelle 7.1.8. Mess- und Rechenwerte Cobalt wasserlöslich.

Komponente Cowl

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse mg/Probe	Cowl µg/m ³	Proben- bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %
15.04.2025	09:10-09:40	0,999	0,910	15,7	986	0,837	0,00	0,0	M512	6	3
15.04.2025	10:22-10:52	0,999	0,916	18,3	986	0,835	0,00	0,0	M513	6	3
15.04.2025	11:33-12:03	0,999	0,912	20,3	986	0,825	0,00	0,0	M73	6	2
Blindwert							0,00	0,0			

Tabelle 7.1.9. Mess- und Rechenwerte PCDD/F und B(a)P.

Komponente I-TEQ PCDD/F

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Proben- bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %
15.04.2025	09:01-12:21	1,011	4,057	18,3	986	3,741	M1	5	0

Komponente I-TEQ PCDD/F

Probe Nr	Datum	Zeit	Probe 1 m ³ N	PCDD/F ng/Probe	PCDD/F ng/m ³
1	15.04.2025	09:01-12:21	3,741	0,0000	<0,002
		BG		0,0058	0,0016

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

Komponente B(a)p

Datum	Zeit	Faktor GZ	GZ m ³	T GZ °C	p Luft hPa	Probe m ³ N	Analyse mg/Probe	B(a)p µg/m ³	Proben- bezeichn.	Düse mm	Absaugfehler %
15.04.2025	09:01-12:21	1,011	4,057	18,3	986	3,741	0,00	0,0	M1	5	0

Anlage 2: Graphische Darstellung des Verlaufs kontinuierlich gemessener Komponenten

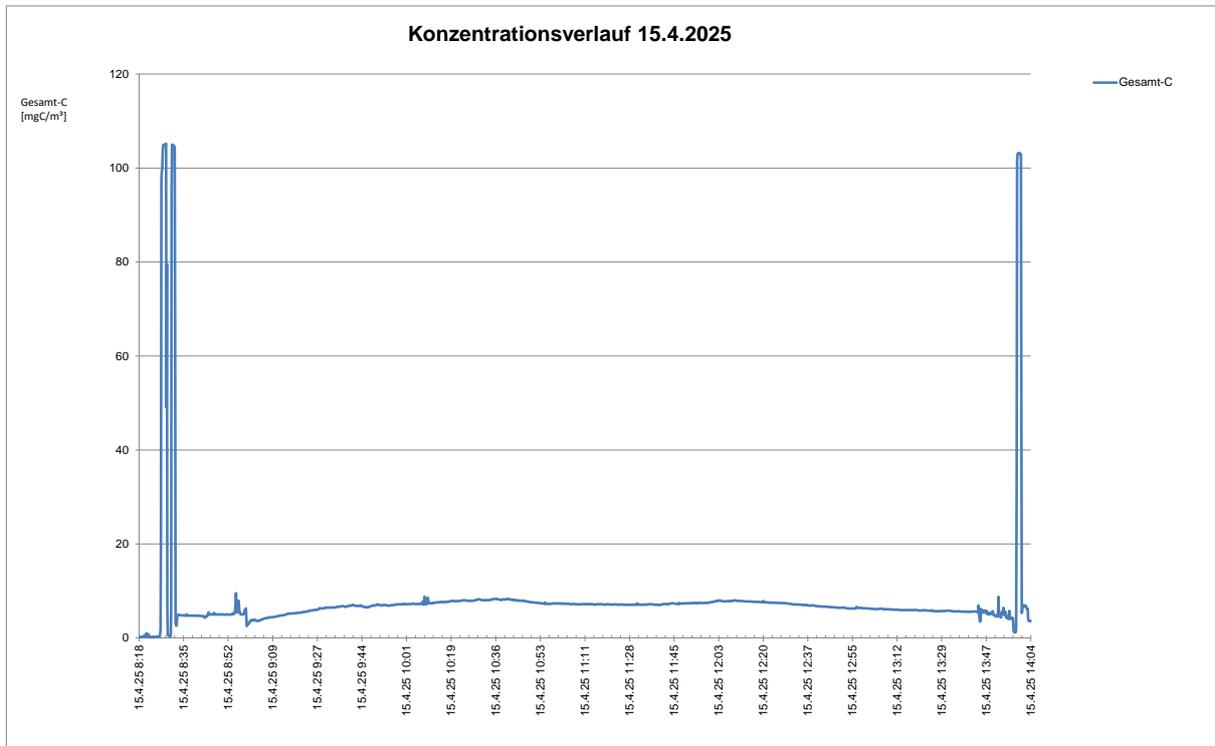


Abbildung 7.2.1. Graphischer Verlauf der Gesamt-C-Konzentration am 15.04.2025.

Anlage 3: Prüfmittelkatalog

Messkomponente	Prüfmittel-Nr.	Hersteller	Typ	letzte Überprüfung	Prüfintervall	Eignungsbekanntgabe / Prüfbericht
P _{stat} , P _{dyn}	7536	Greisinger	GMH3251	12. 2024	12 Monate	
P _{ärm}	7533	Greisinger	GDH12AN	12. 2024	12 Monate	
H ₂ O, T	7535	Greisinger	GMH3330	12. 2024	12 Monate	
Staub, CN, F	9608	Kromschröder	BK-G4	04. 2025	12 Monate	
PCDD/F, dl-PCB, B(a)P	10911	Kromschröder	BK-G4 M	04. 2024	12 Monate	
Hg	8726	ErsaTec	BBP1	05. 2024	12 Monate	
Gesamt-C	7062	Bernath Atomic	3006	02. 2025	12 Monate	GMBI. 1996, Nr. 8, Seite 188 TÜV Rheinland, Berichtsnummer 936/803017/2, 28.03.1995
CrVI, SM, Hg	12640	Kromschröder	BK-G4 M	04. 2024	12 Monate	

Anlage 4: Prüfprotokoll mas

Prüfbericht Nr. 1301 25-1336 P01

Datum: 2025-05-16 • Seite: 1 von 9



Auftraggeber: Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Köln
Heinrich-Hertz-Str. 13
50170 Kerpen



Auftrag / Projekt: M180575/B01, 17.04.2025

mas-Ansprechpartner:



mas-Auftrag: 25-1336

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
M180575 - PCDD/F - M1	Abgasprobe	2 Kartuschen + Kondensat + Glasrohr	25-1336-001

Probeneingang: 23.04.2025

Probenahme: Die Probe wurde der mas gmbh vom Auftraggeber zugesandt.

Prüfbeginn: 24.04.2025 **Prüfende:** 15.05.2025

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

- HCl-Aufschluß des Filters, Filtration des Kondensats, Trocknung des Filterrückstandes und des XAD-Harzes
- Zugabe von ¹³C₁₂-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

	<p>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.</p>
--	--

- 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 D₁₂-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 Auftraggeber vorbehalten.

Münster, den 16.05.2025

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

 <p>Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018</p>	<p>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.</p>
--	--

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

Probenbezeichnung Auftraggeber		M180575 - PCDD/F - M1		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		25-1336-001		
Parameter	Einheit	Messwert	Best.-Grenze *	Prüfverfahren
PCDD 2378-Kongenerere				
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-Kongenerere				
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	nb		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	nb		DIN EN 1948, 2/3
Summe Tetra- bis OctaCDD/F ^a	ng/Probe	nb		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	%	77		DIN EN 1948, 2/3
WF-123789-HexaCDF-PS	%	80		DIN EN 1948, 2/3
WF-1234789-HeptaCDF-PS	%	105		DIN EN 1948, 2/3

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

Prüfbericht Nr. 1301 25-1336 P01

Datum: 2025-05-16 • Seite: 4 von 9

**Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Abgasprobe auf PCB; Angaben bezogen auf die Gesamtprobe**

Probenbezeichnung Auftraggeber		M180575 - PCDD/F - M1		
Probenart mas-Probennummer		Abgasprobe 25-1336-001		
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	%	100		DIN EN 1948, 4
WF PCB 127	%	105		DIN EN 1948, 4
WF PCB 159	%	92		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 25-1336 P01
 Datum: 2025-05-16 • Seite: 5 von 9



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

Probenbezeichnung Auftraggeber		M180575 - PCDD/F - M1		
Probenart		Abgasprobe		
mas-Probennummer		25-1336-001		
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 25-1336 P01
Datum: 2025-05-16 • Seite: 6 von 9



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)

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 %.