

Anlagenband

Schriftenreihe des LfULG, Heft 12/2020

Messung und Bewertung von Dioxinen in Melpitz Bericht über die Durchführung von Immissionsmessungen Abschlussbericht

Dipl.-Ing. Thomas Heinz, Müller-BBM GmbH, Bereich Umwelt,
Niederlassung Dresden, Lessingstraße 10, 01465 Dresden-Langebrück

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Zusammenfassung | 6 |
| 1 Messaufgabe | 7 |
| 2 Örtliche Situation und Ermittlung der Messorte | 7 |
| 2.1 Standort und Topographie..... | 7 |
| 2.2 Meteorologische Situation | 9 |
| 2.3 Ermittlung der Messorte | 10 |
| 2.3.1 Zielsetzung und Strategie..... | 10 |
| 2.3.2 Festlegung der Messpunkte | 10 |
| 2.3.3 Messumfang und -zeitraum..... | 11 |
| 2.4 Beurteilungskriterien der Messkomponenten | 11 |
| 3 Mess- und Analysenverfahren, Geräte | 12 |
| 3.1 PCDD/PCDF und dioxinähnliche PCB im Staubbiederschlag (Deposition)..... | 12 |
| 3.2 Meteorologische Daten | 13 |
| 3.3 Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen | 13 |
| 4 Messergebnisse | 14 |
| 4.1 Meteorologische Verhältnisse im Messzeitraum..... | 14 |
| 4.2 Witterungsverlauf im Messzeitraum | 15 |
| 4.3 PCDD/PCDF und PCB im Staubbiederschlag (DDeposition)..... | 16 |
| 4.4 Bewertung und Diskussion | 18 |
| 5 Anhang | 20 |
| Literaturverzeichnis | 21 |
| DatenteilPrüfberichte Analytik PCDD/PCDF und PCB | 22 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Räumliche Lage und Umgebung von Melpitz südwestlich von Torgau [9] | 8 |
| Abbildung 2: Übersichtslageplan mit den Messpunkten MP 1 Ortsmitte und MP 2 Hintergrund (ohne Maßstab) [9]..... | 8 |
| Abbildung 3: Übersichtslageplan mit Lage des Untersuchungsgebietes sowie der DWD-Station Oschatz (ohne Maßstab) [9] | 9 |
| Abbildung 4: Windrichtungshäufigkeitsverteilung für das repräsentative Jahr 2006 an der Station Oschatz [10] .. | 10 |
| Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten der Station Oschatz 2006 [10] | 10 |
| Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen der Station Oschatz 2006 [10] | 10 |
| Abbildung 7: Windrichtungshäufigkeitsverteilung 25.01. bis 26.07.2019, DWD-Station Oschatz [12] | 14 |
| Abbildung 8: Häufigkeit der Windgeschwindigkeit 25.01. bis 26.07.2019, DWD-Station Oschatz [12] | 15 |
| Abbildung 9: Vergleich der Monatsmittelwerte im Messzeitraum mit den langjährigen Werten der Lufttemperaturen in Sachsen [11] | 16 |
| Abbildung 10: Mittelwerte der Deposition der PCDD/PCDF-Kongeneren MP 1 und MP 2 | 17 |
| Abbildung 11: Mittelwerte der Deposition der dioxinähnlichen PCB MP 1 und MP 2 | 17 |
| Abbildung 12: Depositionen PCDD/PCDF ohne Bestimmungsgrenzen in Abhängigkeit von der mittleren Lufttemperatur | 19 |
| Abbildung 13: Messpunkt 1 Ortsmitte, Sammelbehälter auf dem Containerdach (Aufnahmedatum: 25.01.2019) .. | 20 |
| Abbildung 14: Messpunkt 2 Hintergrund, Blick in Richtung Nord (Aufnahmedatum: 25.01.2019) | 20 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Beschreibung der Messpunkte (UTM WGS84)..... | 11 |
| Tabelle 2: Depositionen von Dioxinen und Furanen (PCDD/F) und dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) für den Messzeitraum vom 25.01. bis zum 26.07.2019..... | 18 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------------|---|
| LAI | Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| GC/HRMS | Gaschromatographie/Hochauflösende Massenspektroskopie |
| MP | Messpunkt |
| PCB | Polychlorierte Biphenyle, Gruppe von 209 Kongeneren chlorierter Substanzen, die sich durch unterschiedliche Anzahl und Stellung der Chloratome am Biphenyl unterscheiden |
| PCDD/PCDF | Polychlorierte Dibenzo(p)dioxine und Dibenzofurane, Gruppen von chemisch ähnlich aufgebauten chlorierten organischen Verbindungen, bestehend aus 75 polychlorierten Dibenzo-p-Dioxinen (PCDD) und 135 polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) |
| TA Luft | Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft |
| UTM WGS84 | Universal Transverse Mercator mit Bezugsellipsoid World Geodetic System 1984 (globales Koordinatensystem) |
| WHO-TEQ 2005 | Toxizitätsäquivalente, Faktoren zur Bewertung der Gefährlichkeit der einzelnen PCDD/PCDF- und PCB-Kongeneren |

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des LfULG wurden die Immissionsbelastungen, die durch die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen verursacht werden, untersucht.

An zwei Messstationen im Untersuchungsgebiet Melpitz bei Torgau wurden dazu ergänzend Depositionsmessungen von Dioxinen und Furanen (PCDD/PCDF) sowie dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) durchgeführt. Die Messungen erfolgten im Zeitraum vom 25.01. bis zum 26.07.2019 (sechs Messmonate). Messpunkt 1 (MP 1) befand sich in Ortsmitte von Melpitz. Messpunkt 2 (MP 2) war 330 m vom Ortsrand entfernt und galt als Hintergrund.

Die Ergebnisse der Messungen können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Im Mittel über den o. g. Messzeitraum wurden an beiden MP (Ortsmitte und Hintergrund) Depositionswerte (Summe WHO-PCDD/F-TEQ 2005 und WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG) von 2,6 pg/(m²×d) gemessen.
- Diese mittleren Depositionswerte liegen selbst dann sowohl unterhalb des Orientierungswertes von 9 pg WHO-TEQ/(m²×d) als auch unterhalb des Zielwertes für die langfristige Luftreinhalteplanung von 4 pg WHO-TEQ/(m²×d), wenn konservativ für alle nicht quantifizierbaren Kongenere die vollen Bestimmungsgrenzen angesetzt werden.

Werden zur Beurteilung der Analysenparameter ausschließlich die quantifizierbaren Kongenere herangezogen, ergeben sich nochmals niedrigere Ergebnisse.
- Am MP 1 (Ortsmitte) konnten nur für die Kongenere Hepta-CDD, Octa-CDD und Tetra-CDF Werte geringfügig oberhalb der Bestimmungsgrenzen nachgewiesen werden, am MP 2 (Hintergrund) nur für Tetra-CDF. Alle weiteren Kongenere lagen unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen.
- Für die untersuchten PCB-Kongenere konnten an beiden Messpunkten keine Werte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen nachgewiesen werden.
- Im Vergleich der Messpunkte untereinander sind unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten und Bestimmungsgrenzen im Verhältnis zu den herangezogenen Beurteilungswerten keine Unterschiede feststellbar, die auf den Einfluss von Kleinfeuerungsanlagen hindeuten.
- Eine Betrachtung der Daten ohne Berücksichtigung der Bestimmungsgrenzen lässt die Aussage zu, dass ein Einfluss der im Ort betriebenen Kleinfeuerungsanlagen nachweisbar ist. Diese Aussage kann jedoch aufgrund des zur Verfügung stehenden Datenmaterials nur eingeschränkt als statistisch gesichert angesehen werden.
- Die zur Beurteilung der lufthygienischen Situation am Standort herangezogenen Daten des DWD zeigen insgesamt eine gute Übereinstimmung mit den langjährigen Verhältnissen.

1 Messaufgabe

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) wurde untersucht, welchen Einfluss die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen auf die Immissionsituation haben. Dazu wurde ein Gebiet mit hohem Anteil an Holzfeuerungsanlagen und weitgehend ohne andere Emittenten ausgewählt.

An zwei Messstationen wurden dazu die Immissionsbelastungen durch Feinstaub, Ruß, ultrafeine Partikel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ermittelt. Eine Messstation befand sich im Zentrum der Ortschaft Melpitz (MP 1), die zweite Station lag ca. 330 m südwestlich vom Ortsrand entfernt auf einer flachen Weide (MP 2).

Ergänzend zum o. g. Messumfang sollten an beiden Messstationen Depositionsmessungen von Dioxinen und Furanen (PCDD/PCDF) sowie dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) über einen Zeitraum von 6 Monaten durchgeführt werden.

Mit Schreiben vom 15.01.2019 wurde die Müller-BBM GmbH als sachverständige, bekannt gegebene Stelle mit der Durchführung der Depositionsmessungen beauftragt.

Gemäß der Aufgabenstellung wurden die Messungen über einen Zeitraum von 6 Monaten durchgeführt.

Für den Zeitraum der ersten 3 Messmonate vom 25.01. bis zum 23.04.2019 wurde ein Zwischenbericht erarbeitet [15].

Im vorliegenden Abschlussbericht werden die Ergebnisse für den kompletten Messzeitraum vom 25.01. bis zum 26.07.2019 dargestellt.

Die Vorgehensweise zur Durchführung der Messungen, die Lage der Messpunkte, die einzusetzenden Messverfahren sowie die Methodik der Messungen wurden durch den Auftraggeber vorgegeben. Ein separater Messplan war damit nicht erforderlich.

Die analytische Auswertung der Proben erfolgte durch das akkreditierte Prüflabor mas münster analytical solutions GmbH, Technologiepark Münster, Wilhelm-Schickard-Straße 5, 48149 Münster. Die Prüfberichte sind im Datenteil des Anhangs beigefügt.

2 Örtliche Situation und Ermittlung der Messorte

2.1 Standort und Topographie

Das Straßendorf Melpitz liegt ca. 5 km südwestlich der Stadt Torgau im sächsischen Tiefland. Im näheren Umfeld ist der Ort umgeben von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Ca. 1,5 km nördlich verläuft die Bundesstraße B 87. In einer Entfernung von ca. 3 km in nordöstlicher Richtung befinden sich die Produktionsanlagen der HIT Holzindustrie Torgau GmbH & Co. KG.

Das natürliche Geländeprofil am Standort ist als eben zu charakterisieren.

Die räumliche Lage und Umgebung von Melpitz ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Abbildung 2 zeigt die Nutzungsstrukturen im näheren Umfeld mit den Messpunkten 1 (Ortsmitte) und 2 (Hintergrund).

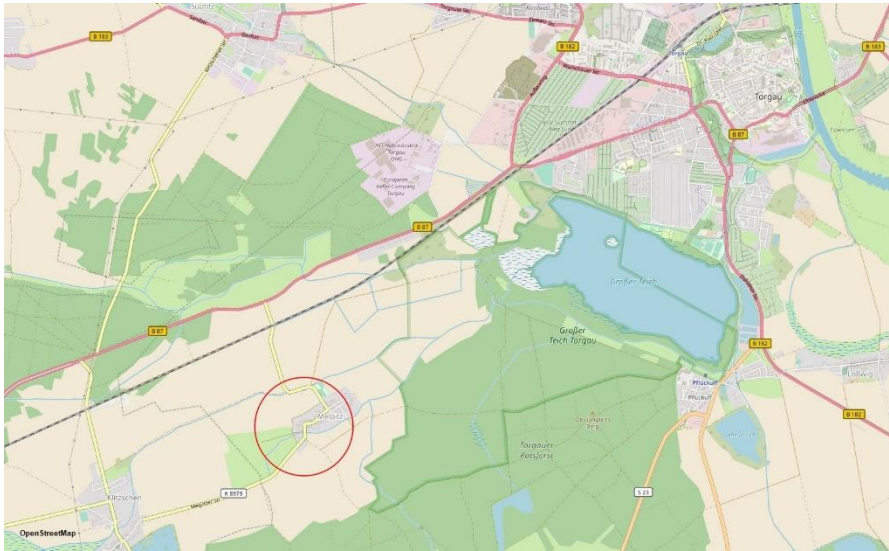


Abbildung 1: Räumliche Lage und Umgebung von Melpitz südwestlich von Torgau [9]

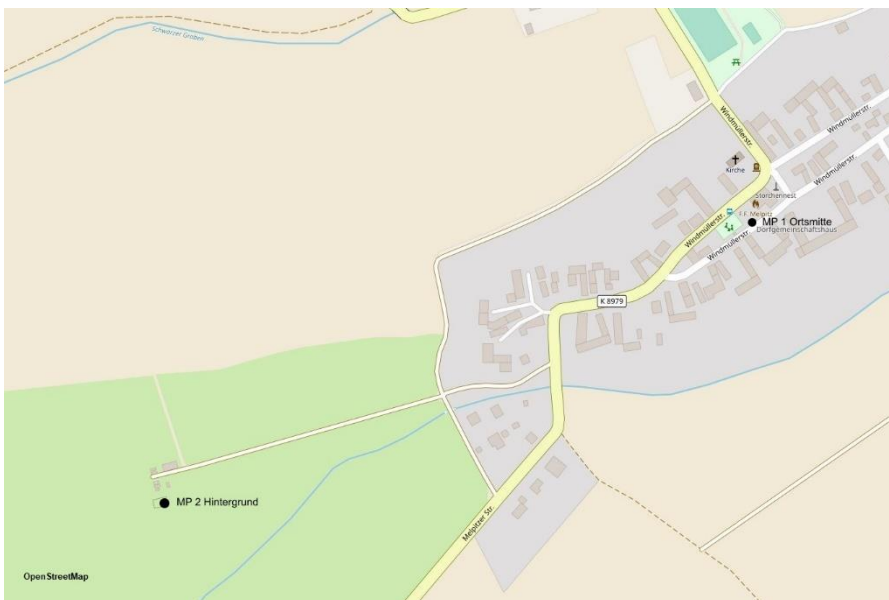


Abbildung 2: Übersichtslageplan mit den Messpunkten MP 1 Ortsmitte und MP 2 Hintergrund (ohne Maßstab) [9]

Die Abbildung 3 zeigt die Lage der DWD-Station Oschatz, deren meteorologische Daten zur Beurteilung der Immissionssituation am Standort herangezogen wurden.

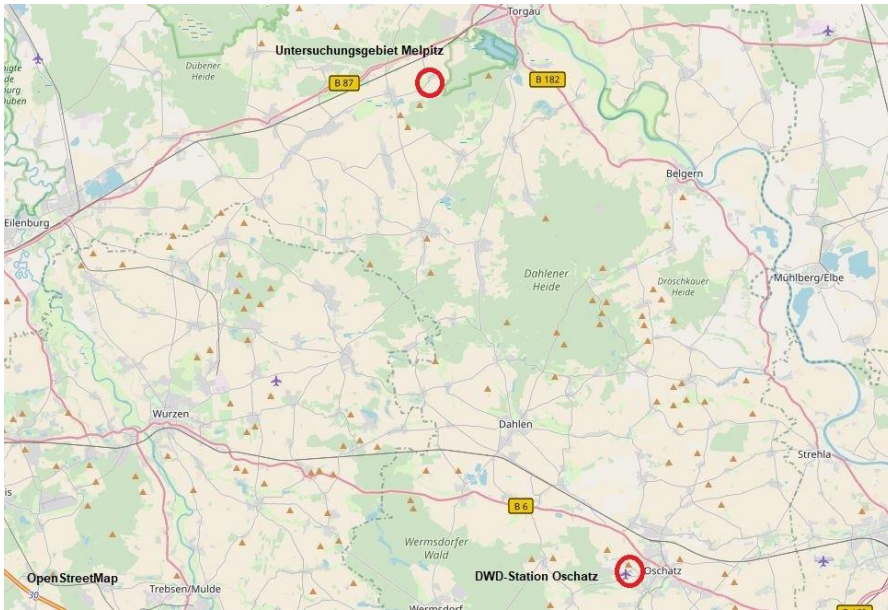


Abbildung 3: Übersichtslageplan mit Lage des Untersuchungsgebietes sowie der DWD-Station Oschatz (ohne Maßstab) [9]

2.2 Meteorologische Situation

Der Berücksichtigung der meteorologischen Situation kommt bei der Beurteilung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen eine besondere Bedeutung zu, da die Ausbreitungsbedingungen anthropogen emittierter Spurenstoffe maßgeblich durch die meteorologische Situation der atmosphärischen Grenzschicht beeinflusst werden. Die Ausbreitungsbedingungen werden im Allgemeinen mit den Parametern Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie der Ausbreitungsklasse beschrieben.

Hinsichtlich der meteorologischen Situation wird die Hauptwindrichtung durch die großräumige mitteleuropäische Druckverteilung bestimmt, woraus sich das Vorherrschen einer südwestlichen Richtungskomponente ergibt.

Die Windverhältnisse am Standort können durch die Daten der DWD-Station Oschatz hinreichend genau beschrieben werden. Die Station Oschatz liegt in einer Entfernung von ca. 25 km südöstlich zum Standort auf einer Höhe von 150 m ü. NN. Zur Beschreibung der meteorologischen Situation am Standort wurde die meteorologische Zeitreihe für Oschatz des repräsentativen Jahres 2006 herangezogen [10].

Die Windrose und Windgeschwindigkeitsverteilung sind in der Abbildung 4 wiedergegeben. Es überwiegen Winde aus südwestlicher Richtung, so dass Emissionen vorwiegend in nordöstliche Richtung verfrachtet werden.

In den Abbildungen 5 und 6 sind die Häufigkeiten der Windgeschwindigkeits- und Ausbreitungsklassen nach TA Luft dargestellt. Windschwache Lagen mit Windgeschwindigkeiten $< 1,4$ m/s kommen am Standort zu etwa 15 % der Jahresstunden vor. Mit etwa 57 % Anteil an der Häufigkeit aller Ausbreitungsklassen sind die indifferenten Ausbreitungssituationen der Klassen III/1 und III/2 am häufigsten.

Stabile Ausbreitungssituationen der Klassen I und II, zu denen unter anderem die Inversionswetterlagen zu rechnen sind, treten an etwa 29 % der Jahresstunden auf sowie die labilen Klassen IV und V an etwa 10 %.

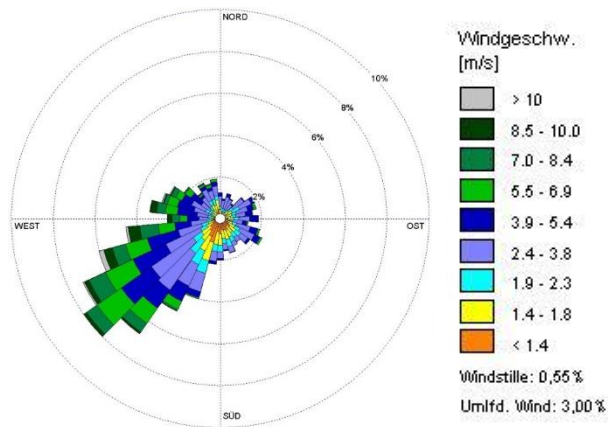


Abbildung 4: Windrichtungshäufigkeitsverteilung für das repräsentative Jahr 2006 an der Station Oschatz [10]

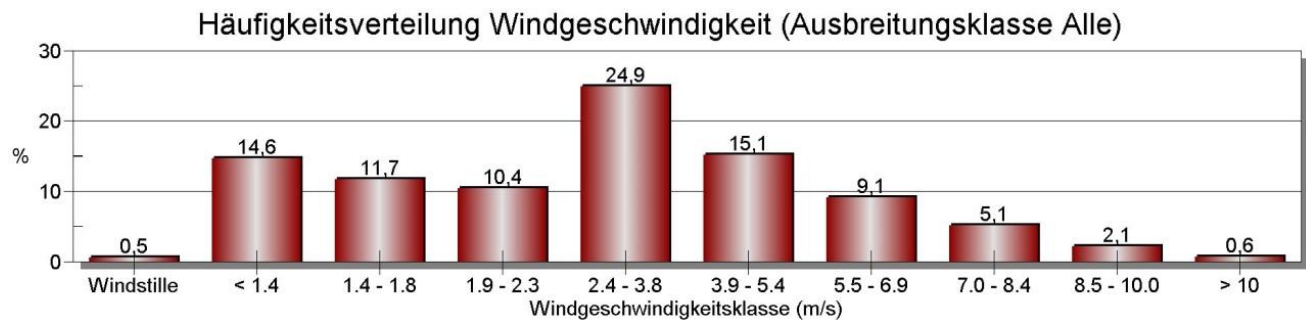


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten der Station Oschatz 2006 [10]

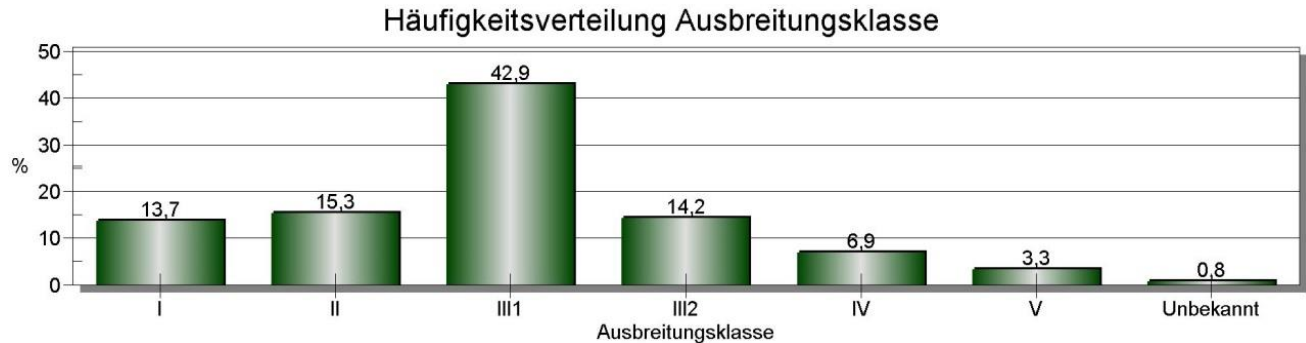


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen der Station Oschatz 2006 [10]

2.3 Ermittlung der Messorte

2.3.1 Zielsetzung und Strategie

Die Immissionsmessungen im Untersuchungsgebiet Melpitz sollen aktuelle und belastbare Daten zur Luftqualität im direkten Einwirkungsbereich von Kleinf Feuerungsanlagen (Holzfeuerungen) bereitstellen.

2.3.2 Festlegung der Messpunkte

Gemäß der in Abschnitt 2.3.1 definierten Zielsetzung wurden die Messungen an 2 Messpunkten (MP) durchgeführt. Tabelle 1 enthält weiterführende Informationen zu den in der Abbildung 2 dargestellten Messpunkten.

Tabelle 1: Beschreibung der Messpunkte (UTM WGS84)

| Messpunkt | Ostwert m | Nordwert m | Beschreibung |
|-----------|--------------|---------------|---|
| 1 | 356922 | 5710579 | Ortsmitte Melpitz, Windmüllerstraße, neben dem Gebäude der Freiwilligen Feuerwehr, Dach des Messcontainers |
| 2 | 356245 | 5710272 | eingezäuntes Gelände neben der Forschungsstation Melpitz des Leibniz-Institutes für Troposphärenforschung e. V. |

Die Festlegung der Lage der Messpunkte erfolgte durch den Auftraggeber.

Der MP 1 befindet sich im Zentrum der Ortschaft Melpitz im unmittelbaren Einwirkungsbereich potentiell relevanter Emissionsquellen. Der Messpunkt 2 befindet sich ca. 740 m vom MP 1 entfernt in südwestlicher Richtung auf einer flachen Weide neben der Forschungsstation Melpitz. Aufgrund der Lage des MP 2 entgegen der Hauptwindrichtung kann davon ausgegangen werden, dass hier eine überregionale Hintergrundbelastung ermittelt wird.

Die Auswahl der konkreten Lage der Messpunkte erfolgte unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien:

- Gewährleistung der ungehinderten Anströmung, ausreichender Abstand zu Strömungshindernissen (Gebäude, Bewuchs usw.),
- Schutz vor Laubeinfall und
- Zugänglichkeit und Sicherheit vor Manipulationen.

Eine fotografische Dokumentation der Messorte findet sich im Anhang.

2.3.3 Messumfang und -zeitraum

An den Messpunkten wurden die Depositionen von Dioxinen und Furanen (PCDD/ PCDF) sowie der dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) über einen Zeitraum von sechs Monaten messtechnisch bestimmt. Der Beginn der Messungen erfolgte am 25.01.2019, abgeschlossen wurden die Messungen am 26.07.2019.

2.4 Beurteilungskriterien der Messkomponenten

Die Europäische Union hat für ihre Mitgliedsstaaten mit mehreren Luftqualitätsrichtlinien für die Außenluft verbindliche Luftqualitätsziele zur Vermeidung oder Verringerung schädlicher Immissionen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt festgelegt. Danach wird die Luftqualität in den Staaten der EU nach einheitlichen Methoden und Kriterien beurteilt. In der Bundesrepublik Deutschland wurden diese Richtlinien durch die Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [1] in deutsches Recht umgesetzt. Das BImSchG wird wiederum u. a. durch die 39. Verordnung zu dessen Durchführung [18] und die TA Luft (Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Reinhaltung der Luft) für deren jeweiligen Anwendungsbereiche konkretisiert [2].

Die Beurteilung einer Immissionsbelastung erfolgt durch den Vergleich gemessener Immissionskenngrößen (z. B. Mittelwerte) mit entsprechenden Beurteilungswerten. Hierbei sind der zeitliche Bezug (z. B. Jahresmittelwert), die Verbindlichkeit (z. B. Grenzwert) und das Schutzgut (z. B. menschliche Gesundheit) zu berücksichtigen.

Falls in der 39. BImSchV und der TA Luft keine Bewertungsmaßstäbe für einzelne Luftschadstoffe vorliegen, werden weitere Erkenntnisquellen hinzugezogen.

Hierzu zählen, neben weiteren, unter anderem die Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und die Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung der Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). Das Fachgremium veröffentlicht regelmäßig Handlungsempfehlungen und Auslegungshinweise zu Fragen der Luftreinhaltung und des Immissionsschutzes [3] und [4].

3 Mess- und Analysenverfahren, Geräte

Die erforderlichen Messungen wurden im Rahmen der TA Luft und der Normen/Richtlinien/Technischen Regeln, die im Akkreditierungsumfang des Prüfgebiets Immissionsschutz im Prüflaboratorium Immissionsschutz, Gefahrstoffe und Chemische Analytik der Müller-BBM GmbH (DAkS Registrierungsnummer D PL 14119-02-01) beinhaltet sind, wie folgt durchgeführt:

3.1 PCDD/PCDF und dioxinähnliche PCB im Staubniederschlag (Deposition)

| | |
|-----------------------------|--|
| Richtlinien: | VDI 4320 Blatt 2 (01/12): Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode VDI 2090 Blatt 1 (01/01): Messen von Immissionen - Bestimmung der Deposition von schwerflüchtigen organischen Substanzen - Bestimmung der PCDD/F-Deposition; Bergerhoff-Probenahme und GC/HRMS-Analyse |
| Müller-BBM Prüfanweisung: | PA 16-3N01 |
| Messverfahren: | Auffangen des deponierten Staubs in oben offenen Gefäßen; Analyse durch GC/HRMS |
| Messgeräte: | Auffanggefäße aus Glas, mindestens 10 Stück, Depositionsfläche jeweils 69,9 cm ² , gesamt 0,0699 m ² |
| Probenahme: | ca. 3,0 m über Grund (MP 1 Ortsmitte) ca. 1,5 m über Grund (MP 2 Hintergrund) |
| Messhäufigkeit: | Probenahmedauer 30 ± 2 Tage |
| Messgeräte für die Analyse: | Gaschromatograph mit nachgeschaltetem Massenspektrometer (HRGC/HRMS) |
| Beurteilungskriterium: | 9 pg/(m ² ×d) als Jahresmittelwert |
| WHO- | Orientierungswert LAI (2010, [4]) als Summe WHO-PCDD/F-TEQ 2005 und PCB-TEQ 2005 |
| Bestimmungsgrenze: | 1,58 pg/(m ² ×d) WHO-PCDD/F-TEQ 2005 1,02 pg/(m ² ×d) WHO-PCB-TEQ 2005 2,60 pg/(m ² ×d) Summe WHO-TEQ 2005 |

| | |
|--------------------------------|---|
| Messunsicherheit: | Laboranalytik: 23,5 % WHO-PCDD/F-TEQ 2005 28,6 % WHO-PCB-TEQ 2005 (erweiterte analytische Messunsicherheiten, bezogen auf das Beurteilungskriterium bei einem Vertrauensbereich von 95 % und einem Erweiterungsfaktor von $k = 2$) |
| Auswertung: | Mittelwert, Monatswerte |
| Beteiligung eines Fremdlabors: | mas münster analytical solutions gmbh DIN EN ISO/IEC 17025/2005, DAC PL 0406-05-00 Konditionierung und Bereitstellung der Auffanggefäße sowie analytische Bestimmung |

3.2 Meteorologische Daten

Zur Beurteilung der meteorologischen Verhältnisse wurden die Daten der Messstation Oschatz herangezogen. Die Station wird vom Deutschen Wetterdienst (DWD) betrieben (Ostwert: 367168; Nordwert: 5684602, Höhe 150 m ü. NN).

3.3 Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen

Müller-BBM GmbH betreibt ein Qualitätsmanagementsystem und ein nach BS OHSAS 18001 zertifiziertes Arbeits- und Gesundheitsschutz-Managementsystem [16].

Müller-BBM ist gemäß § 29b des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in Verbindung mit der Bekanntgabeverordnung (41. BImSchV) als sachverständige Stelle bekannt gegeben. Die Bekanntgabe umfasst die Ermittlung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen, Geräuschen und Erschütterungen, die Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie die Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmesseinrichtungen und die Überprüfung von Verbrennungsbedingungen. Detaillierte Informationen hinsichtlich der Stoff- und Tätigkeitsbereiche gemäß der Gruppeneinteilung der 41. BImSchV sind im Recherchesystem Messstellen und Sachverständige [17] veröffentlicht.

Die Prüflaboratorien für Schall, Schwingungen, elektromagnetische Felder und Licht, für Immissionsschutz, Gefahrstoffmessungen und chemische Analytik und das akustische Prüflaboratorium für Materialien, Bauteile und Geräte sowie das Kalibrierlaboratorium für Beschleunigung und akustische Messgrößen sind nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

4 Messergebnisse

4.1 Meteorologische Verhältnisse im Messzeitraum

Zur Beurteilung der lufthygienischen Situation im Messzeitraum wurden freie meteorologische Informationen aus dem Messnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen. Der DWD betreibt ca. 25 km südöstlich von Melpitz die Station Oschatz (vgl. Abschnitt 2.2).

In der Abbildung 7 ist die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für den 6-monatigen Messzeitraum vom 25.01. bis zum 26.07.2019 dargestellt.

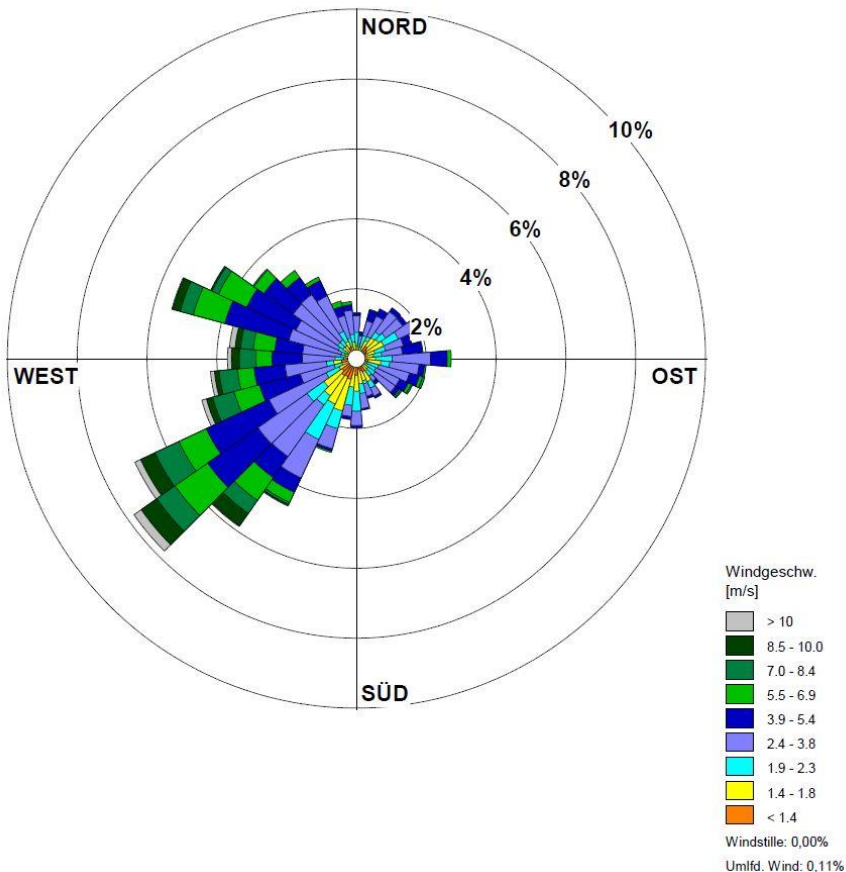


Abbildung 7: Windrichtungshäufigkeitsverteilung 25.01. bis 26.07.2019, DWD-Station Oschatz [12]

Die Häufigkeitsverteilung weist ein primäres Maximum aus südwestlichen Richtungen auf. Mit dem Primärmaximum gehen vermehrt auch die Spitzenwerte der Windgeschwindigkeiten einher. Ein Sekundärmaximum trat im Messzeitraum aus nordwestlichen Richtungen auf.

Abbildung 8 gibt die Häufigkeitsverteilung der zu Klassen zusammengefassten Windgeschwindigkeiten wieder. Insbesondere Witterungssituationen der Windgeschwindigkeitsklassen 4 und 5 (gemäß TA Luft: WG 2,4 bis 5,4 m/s) traten mit 31 bzw. 18 % besonders häufig auf.

Situationen mit geringen Windgeschwindigkeiten (WG < 1,4 m/s) und Windstillen waren in Summe mit etwa 10 % vertreten. Die mittlere Windgeschwindigkeit auf Sensorhöhe betrug über den Messzeitraum 3,55 m/s.

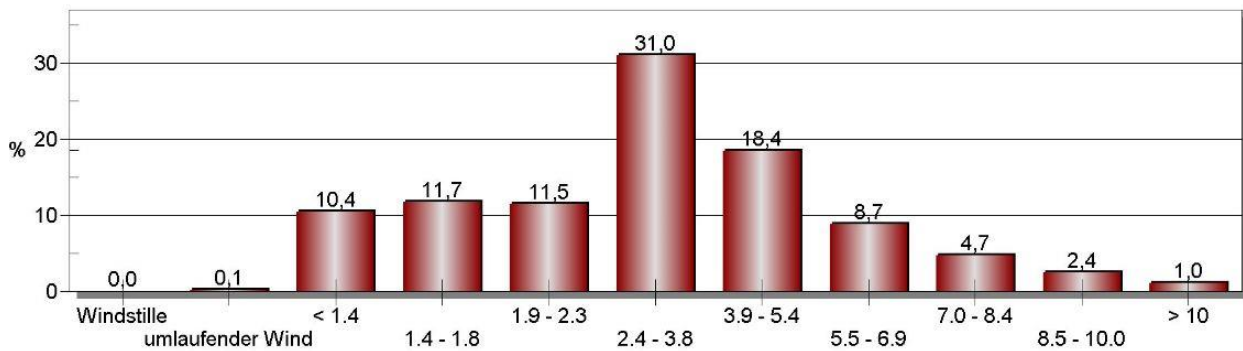


Abbildung 8: Häufigkeit der Windgeschwindigkeit 25.01. bis 26.07.2019, DWD-Station Oschatz [12]

Die Ergebnisse weisen im Messzeitraum im Vergleich mit den in Abschnitt 2.2 dargestellten langjährigen Verhältnissen der Station Oschatz insgesamt eine gute Übereinstimmung auf.

4.2 Witterungsverlauf im Messzeitraum

Der Februar 2019 war gekennzeichnet durch Hochdruckgebiete mit geringer Bewölkung. Die Durchschnittstemperaturen in Sachsen lagen knapp unter, der Niederschlag und die Zahl der Sonnenscheinstunden über dem vieljährigen Mittel. Im März 2019 dominierten Tiefdruckgebiete, die vor allem feuchte und sehr milde Luft heranführten bei ausgeglichener Sonnenscheindauer. Im April lag Mitteleuropa meist unter Hochdruckeinfluss. Überwiegend gelangten dabei mit östlicher oder südlicher Strömung warme kontinentale Luftmassen nach Deutschland, die die Temperatur auf ein frühlingshaftes, teils auch schon frühsommerliches Niveau steigen ließen. Insgesamt verlief der April nicht nur zu mild, sondern auch sehr sonnig und niederschlagsarm. Im Mai wehte besonders in der ersten Monatshälfte immer wieder kühle Luft aus Nordwesten und Norden heran. Ansonsten sorgten Tiefdruckgebiete für Niederschlag, sodass der Mai zu kühl bei unterdurchschnittlichem Sonnenschein verlief. Der Juni war in Sachsen der wärmste und sonnigste Juni seit dem Beginn flächendeckender Messungen. Mit ca. 40 l/m² fielen vergleichsweise geringe Niederschläge. Hochdruckgebiete über Nordwesteuropa sorgten im Juli für warme Witterung mit wenigen z. T. gewittrigen Regentagen und überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer [11].

Im Hinblick auf die Zielsetzung der Messungen (Luftqualität im Einwirkungsbereich von Kleinf Feuerungsanlagen) sind in der folgenden Abbildung 9 die Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen den langjährigen Mittelwerten (Werte der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1990) gegenübergestellt. Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Werte im Messzeitraum im Durchschnitt deutlich über den langjährigen Mittelwerten lagen.

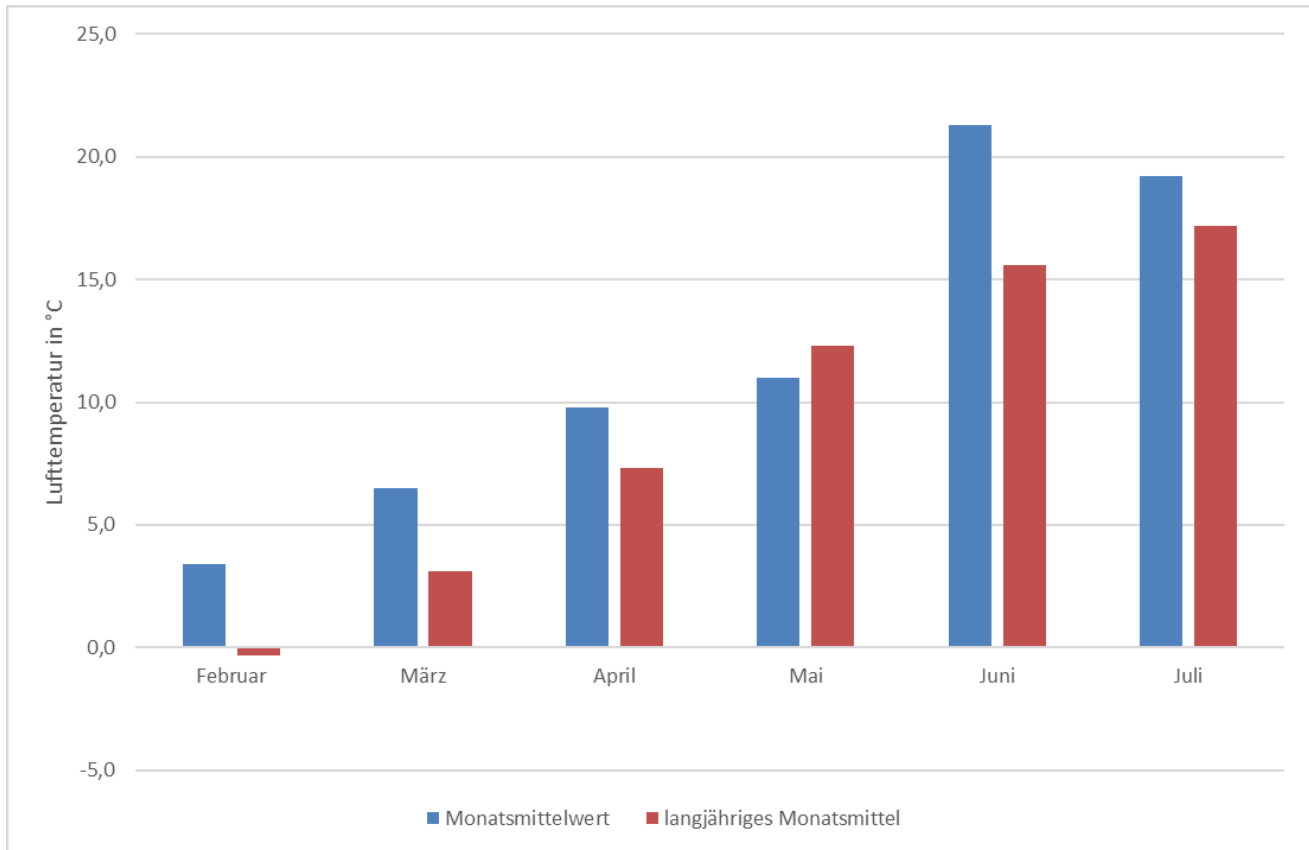


Abbildung 9: Vergleich der Monatsmittelwerte im Messzeitraum mit den langjährigen Werten der Lufttemperaturen in Sachsen [11]

4.3 PCDD/PCDF und PCB im Staubniederschlag (Deposition)

Die Erfassung der Dioxine und Furane (PCDD/PCDF) sowie der dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) als Bestandteil des Staubniederschlags erfolgte monatsweise. Die Verfügbarkeit für den Messzeitraum vom 25.01.2019 bis zum 26.07.2019 beträgt 100 %.

Die Ergebnisse für alle analysierten Einzelkongenere sind in der Abbildung 10 (PCDD/PCDF) und Abbildung 11 (WHO-PCB) als Mittelwerte aufgetragen und den kongenerspezifischen Bestimmungsgrenzen gegenübergestellt. Eine Dokumentation aller Einzelergebnisse kann den analytischen Prüfberichten im Datenteil des Anhangs entnommen werden.

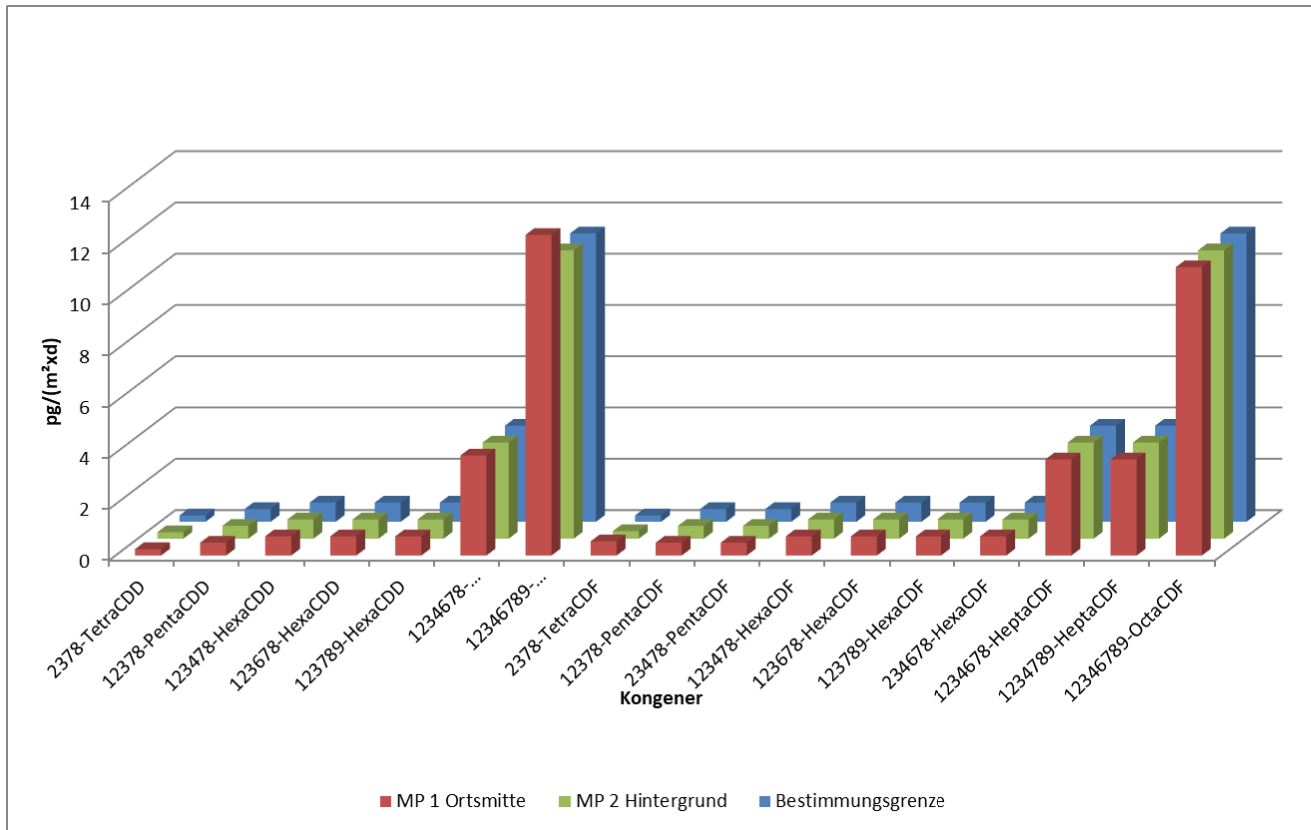


Abbildung 10: Mittelwerte der Deposition der PCDD/PCDF-Kongener MP 1 und MP 2

Am MP 1 (Ortsmitte) konnten nur für die Kongener Hepta-CDD, Octa-CDD und Tetra-CDF Werte geringfügig oberhalb der Bestimmungsgrenzen nachgewiesen werden, am MP 2 (Hintergrund) nur für Tetra-CDF. Alle weiteren Kongener lagen unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen.

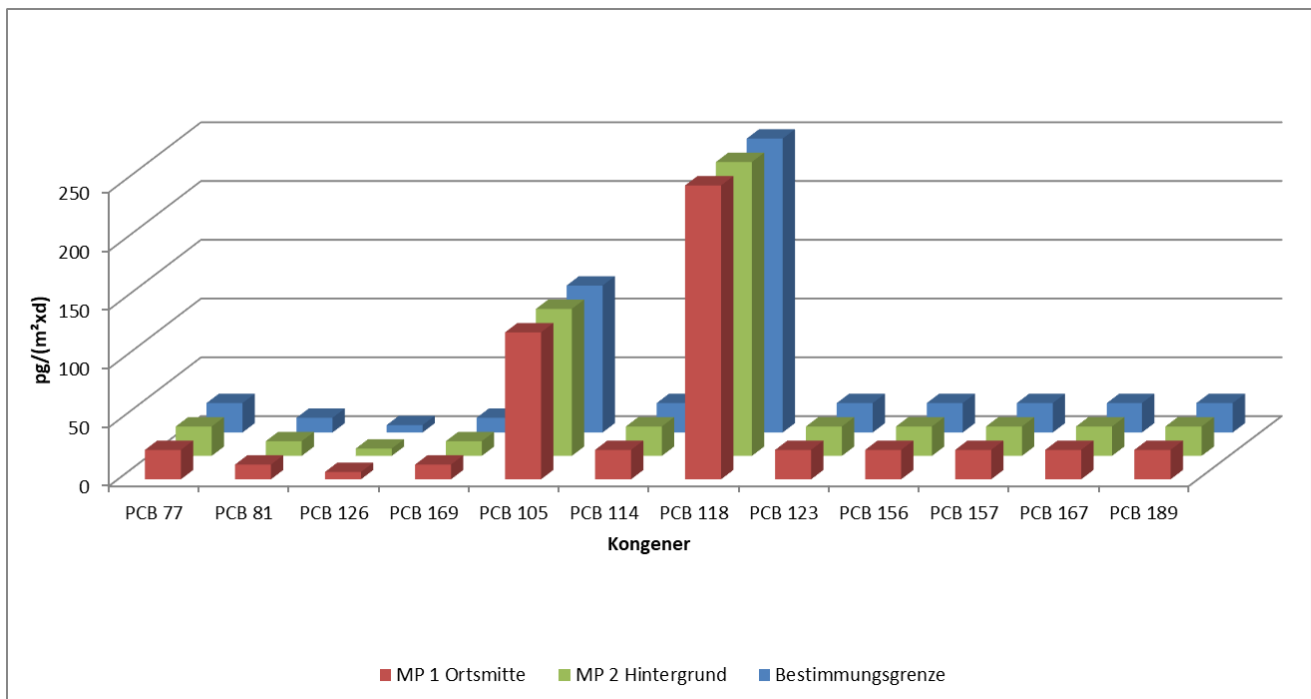


Abbildung 11: Mittelwerte der Deposition der dioxinähnlichen PCB MP 1 und MP 2

Für die dioxinähnlichen PCB konnten an beiden Messpunkten keine Werte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen ermittelt werden.

4.4 Bewertung und Diskussion

Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der PCDD/ PCDF- und PCB-Analysen im Staubbiederschlag in Gegenüberstellung mit Beurteilungswerten der Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). Die dabei zu berücksichtigenden Toxizitätsäquivalente wurden jeweils mit den Faktoren gemäß WHO 2005 (WHO-TEQ) bestimmt.

Tabelle 2: Depositionen von Dioxinen und Furanen (PCDD/F) und dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) für den Messzeitraum vom 25.01. bis zum 26.07.2019

| Zeitraum | MP 1 | | | | | | MP 2 | | | | | | |
|--|------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|--|
| | PCDD/PCDF | | Ortsmitte | | Summe | | PCDD/PCDF | | Hintergrund | | Summe | | |
| | pg/(m ² ×d) | | pg/(m ² ×d) | | pg/(m ² ×d) | | pg/(m ² ×d) | | pg/(m ² ×d) | | pg/(m ² ×d) | | |
| | 1) | 2) | 1) | 2) | 1) | 2) | 1) | 2) | 1) | 2) | 1) | 2) | |
| 25.01.19 - 22.02.19 | 0,105 | 1,62 | n.b. | 1,02 | 0,105 | 2,64 | 0,045 | 1,60 | n.b. | 1,02 | 0,045 | 2,62 | |
| 22.02.19 - 22.03.19 | 0,296 | 1,66 | n.b. | 1,02 | 0,296 | 2,68 | n.b. | 1,58 | n.b. | 1,02 | n.b. | 2,60 | |
| 22.03.19 - 23.04.19 | 0,063 | 1,62 | n.b. | 1,02 | 0,063 | 2,64 | n.b. | 1,61 | n.b. | 1,02 | n.b. | 2,63 | |
| 23.04.19 - 24.05.19 | 0,043 | 1,60 | n.b. | 1,02 | 0,043 | 2,62 | 0,026 | 1,59 | n.b. | 1,02 | 0,026 | 2,61 | |
| 24.05.19 - 24.06.19 | 0,044 | 1,60 | n.b. | 1,02 | 0,044 | 2,62 | 0,031 | 1,59 | n.b. | 1,02 | 0,031 | 2,61 | |
| 24.06.19 - 26.07.19 | n.b. | 1,58 | n.b. | 1,02 | n.b. | 2,60 | n.b. | 1,58 | n.b. | 1,02 | n.b. | 2,60 | |
| Mittelwert | | | | | | | | | | | | | |
| 25.01.19 - 26.07.19 | 0,11 | 1,6 | n.b. | 1,0 | 0,11 | 2,6 | 0,03 | 1,6 | n.b. | 1,0 | 0,03 | 2,6 | |
| <i>Orientierungswert für die Sonderfallprüfung (LAI 2010) [4]</i> | | | | | 9 | | | | | | | 9 | |
| <i>Zielwert für die langfristige Luftreinhalteplanung (LAI 2004) [3]</i> | | | | | 4 | | | | | | | 4 | |

n.a. nicht auswertbar bzw. keine Probenahme

n.b. Wert nicht berechnet, da keines der Kongenere oberhalb der Bestimmungsgrenze lag

1) Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

2) TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenere

An beiden Messpunkten lagen die mittleren Depositionswerte der Summen von PCDD/PCDF und PCB mit 2,6 pg/(m²×d) selbst dann unterhalb des Zielwertes für die langfristige Luftreinhalteplanung von 4 pg WHO-TEQ/(m²×d) gemäß LAI 2004, wenn konservativ für alle nicht quantifizierbaren Kongenere die vollen Bestimmungsgrenzen angesetzt werden.

Werden zur Beurteilung der Analysenparameter ausschließlich die quantifizierbaren Kongenere herangezogen, ergeben sich am MP 1 mit 0,11 pg/(m²×d) WHO-TEQ 2005 bzw. am MP 2 mit 0,03 pg/(m²×d) WHO-TEQ 2005 nochmals deutlich niedrigere Ergebnisse.

Im Vergleich der Messpunkte untereinander sind unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten und Bestimmungsgrenzen im Verhältnis zu den herangezogenen Beurteilungswerten keine Unterschiede feststellbar, die auf den Einfluss von Kleinf Feuerungsanlagen hindeuten.

Bei Betrachtung der Werte beider Messpunkte ohne Berücksichtigung der Bestimmungsgrenzen zeigt sich ein differenzierteres Bild. In der folgenden Abbildung 12 sind diese Werte den Monatsmittelwerten der Lufttemperatur gegenübergestellt.

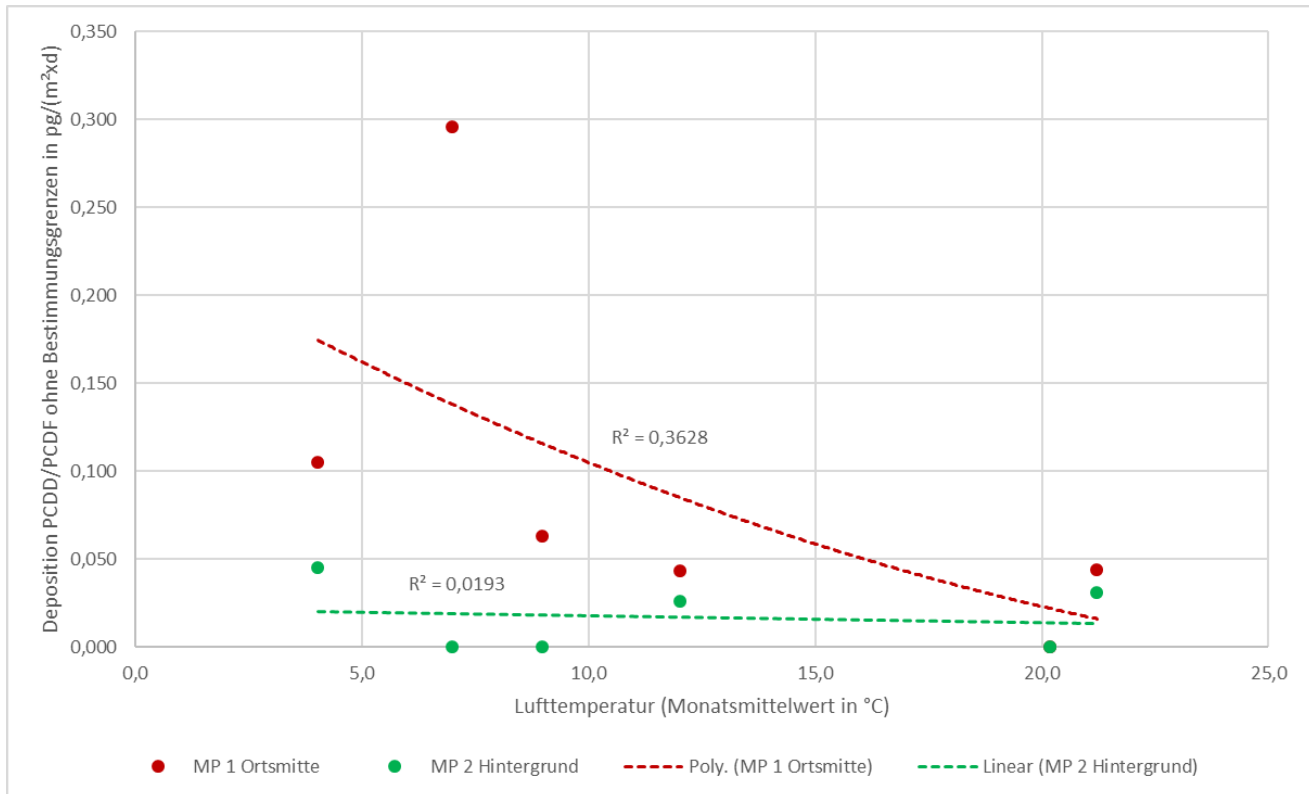


Abbildung 12: Depositionen PCDD/PCDF ohne Bestimmungsgrenzen in Abhängigkeit von der mittleren Lufttemperatur

Am MP 1 Ortsmitte liegen die Ergebnisse für die PCDD/PCDF-Deposition bei gleichzeitig starker Streuung bei niedrigen mittleren Lufttemperaturen in den Wintermonaten vergleichsweise höher, als während des Messzeitraums in den Sommermonaten. Dieser Effekt könnte auf den Einfluss der im Ort betriebenen Kleinf Feuerungsanlagen zurückzuführen sein. In diesem Datenkollektiv sind jedoch weder die konkreten Heizsituationen und die verwendeten Brennstoffe noch die tatsächlich vorhandenen Ausbreitungssituationen berücksichtigt worden. Zudem ist das Datenkollektiv sehr klein. Bei der Beurteilung ist außerdem zu berücksichtigen, dass aufgrund der im Vergleich mit den langjährigen Werten überdurchschnittlich hohen mittleren Lufttemperaturen im Messzeitraum (siehe Abbildung 9 im Abschnitt 5.2) von einer unterdurchschnittlichen „Heizperiode“ ausgegangen werden kann.

Im Gegensatz dazu zeigen die Daten am MP 2 Hintergrund einen Verlauf, der nahezu keine Abhängigkeit der Depositionen von den Lufttemperaturen aufweist.

Der höchste Wert wurde am MP 1 im Zeitraum vom 22.02. bis 22.03.2019 mit 0,30 pg/(m²xd) WHO-TEQ 2005 ermittelt. Neben erhöhten Schadstoffemissionen kommen für diesen (vergleichsweise hohen) Wert auch ungünstige Ausbreitungsbedingungen (geringe Windgeschwindigkeiten, stabile vertikale Schichtungen bis hin zu Inversionswetterlagen) in Betracht.

Da je Messpunkt nur 6 Datenpaare zur Beurteilung zur Verfügung stehen und kein Datenmaterial zum Nutzungsverhalten der Feuerungsanlagen zur Verfügung steht, können die Aussagen nur eingeschränkt als statistisch gesichert angesehen werden.

Abschließend lassen sich die ermittelten Dioxindepotionen auf Basis veröffentlichter Daten des Umweltbundesamtes (Dioxine, Daten aus Deutschland) aktuell dem Niveau niedriger ländlicher Belastung zuordnen [14].

5 Anhang

Fotografische Dokumentation



Abbildung 13: Messpunkt 1 Ortsmitte, Sammelbehälter auf dem Containerdach (Aufnahmedatum: 25.01.2019)



Abbildung 14: Messpunkt 2 Hintergrund, Blick in Richtung Nord (Aufnahmedatum: 25.01.2019)

Literaturverzeichnis

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432)
- [2] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511)
- [3] LAI (2004): Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind - Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhaltungsplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe, Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz vom 21. September 2004
- [4] LAI (2010): Empfehlung zur Verwendung eines Orientierungswertes gemäß Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft zur Bewertung der Depositionen von PCDD/F und dioxinähnliche PCB im Genehmigungsverfahren; Nr. 8.5 der Niederschrift der 120. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 15. und 16. September 2010 in Eisenach
- [5] VDI 4280 (Blatt 1): Planung von Immissionsmessungen – Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit, (Oktober 2014)
- [6] VDI 4280 (Blatt 3): Planung von Immissionsmessungen – Messstrategien zur Ermittlung der von Luftqualitätsmerkmalen in der Umgebung ortsfester Emissionsquellen (Juni 2003)
- [7] VDI 4320 (Blatt 2): Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode, (Januar 2012)
- [8] VDI 2090 (Blatt 1): Messen von Immissionen - Bestimmung der Deposition von schwerflüchtigen organischen Substanzen - Bestimmung der PCDD/F-Deposition; Bergerhoff-Probenahme und GC/HRMS-Analyse (Januar 2001)
- [9] Geodaten © OpenStreetMap und Mitwirkende, <https://www.openstreetmap.de/karte.html>
- [10] Klimadaten der Station Oschatz, Deutscher Wetterdienst, Wetteramt Potsdam
- [11] DWD: Pressemitteilungen zum Deutschlandwetter 2019; Deutscher Wetterdienst DWD, Offenbach
- [12] DWD: Meteorologische Messdaten der Station Oschatz, Deutscher Wetterdienst DWD, Offenbach
- [13] TROPOS Forschungsstation Melpitz, Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V., <https://www.tropos.de/forschung>
- [14] UBA (2007): Dioxine Daten aus Deutschland. Dioxin-Referenzmessprogramm. 5. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE. Umweltbundesamt, Berlin 2007
- [15] Müller-BBM GmbH: 1. Zwischenbericht zur Messung und Bewertung von Dioxinen in Melpitz, Bericht Nr. M147404/01 vom 10.05.2019
- [16] www.muellerbbm.de
- [17] <https://www.resymesa.de/ReSyMeSa>
- [18] 39. BImSchV (39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I S. 1222) geändert worden ist; https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/39._BImSchV.pdf

Datenteil

Prüfberichte Analytik PCDD/PCDF und PCB

- Bericht Nr. 1301 190408 P01 vom 15.03.2019 (8 Seiten)
- Bericht Nr. 1301 190408 P02 vom 10.04.2019 (8 Seiten)
- Bericht Nr. 1301 190408 P03 vom 10.05.2019 (8 Seiten)
- Bericht Nr. 1301 190408 P04 vom 14.06.2019 (8 Seiten)
- Bericht Nr. 1301 190408 P05 vom 15.07.2019 (8 Seiten)
- Bericht Nr. 1301 190408 P06 vom 19.08.2019 (8 Seiten)

Auftraggeber: **Müller-BBM GmbH**
Niederlassung Dresden
Lessingstraße 10
01465 Dresden-Langebrück

Tel.: 035201 725 0
Fax.: 035201 725 20
Email: Thomas.Heinz@mbbm.com

M-BBM-Projekt Nr.: M147 404 / B01

mas-Ansprechpartner:
Dr. Peter Luthardt
mas | münster analytical solutions gmbh
Wilhelm-Schickard-Str. 5
48149 Münster

Telefon: 0251 38 44 15 15
Telefax: 0251 38 44 15 01
Email: p.luthardt@mas-tp.com

mas-Projekt Nr.: 19 0408

Prüfung: Analyse von Depositionsproben auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (**PCDD**) und Dibenzofurane (**PCDF**) sowie auf polychlorierte Biphenyle (**WHO-PCB**)

Prüfgegenstand:

| Probenbezeichnung Auftraggeber | Probenart | Proben-Bestandteile | mas-Probennummer |
|---------------------------------|--|--|------------------|
| Messpunkt 1 (Februar 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 28,0417 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 100 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 001 |
| Messpunkt 2 (Februar 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 28,0313 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, < 50 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 002 |

Kundenauftrag: vom 22.02.2019

Probeneingang: 25.02.2019

Probenahme: Die Proben wurden der **mas gmbh** vom Auftraggeber überbracht.

Prüfbeginn: 26.02.2019 **Prüfende:** 15.03.2019

Prüfverfahren: Die PCDD/F-Prüfergebnisse sind den Tabellen 01 und 02 zu entnehmen. Da vom Auftraggeber Angaben zum Probenahme-Zeitraum gemacht wurden, erfolgte der Bezug der Ergebnisse auf die Sammelfläche pro Tag in pg/m². Die Tabellen 05 und 06 enthalten die zur TEQ-Berechnung verwendeten TE-Faktoren und Angaben zur erweiterten Messunsicherheit für das analytische Verfahren. Die PCB-Prüfergebnisse sind in den Tabellen 03 und 04 aufgeführt. Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:



Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Probenvorbereitung

- Entfernen von Insekten aus den Proben soweit vorgefunden
- Ultraschallbehandlung der Glasgefäße nach Zugabe von 1n HCl
- Filtration der wässrigen Phasen über Glasfaserfilter
- Flüssig/flüssig-Extraktion des Filtrates mit Toluol
- Trocknung der Glasfaserfilter und Soxhlet Extraktion mit Toluol/ Aceton nach Zugabe von isotoopenmarkierten PCDD/F als interne Standards

PCDD/F- und PCB-Analyse:

- Teilen des Gesamtextraktes
- mehrstufiges clean-up eines Extraktteils
- Zugabe von ¹³C₁₂-markierten PCB- und PCDD/F-Wiederfindungsstandards
- HRGC/HRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode nach VDI 2090 Blatt 1:2001-01 in Verbindung mit MAS_PA049:2013-10 und MAS_PA006:2013-11)

Kommentare: keine

Münster, den 15.03.2019



Dr. Peter Luthardt
(Projektleiter / Dipl.-Chemiker)



Dr. Armin Maulshagen
(Leiter F & E / Dipl.-Chemiker)



Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Tab. 01: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Februar 19) | | |
|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 001 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerer | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | 4,50 | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | 12,0 | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerer | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 0,562 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | 1,28 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | 4,39 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | 8,58 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDD | pg/m ² d | 12,0 | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 4,36 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | 3,11 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | 1,35 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 26,2 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 8,82 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 35,0 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,113 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,50 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,102 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,73 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,105 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,864 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,62 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenerer oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerer
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerer
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerer
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Februar 19) | | |
|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 002 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 0,446 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | 1,73 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 2,21 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | 0,660 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 1,73 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 2,87 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 4,60 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0446 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,48 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0446 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,71 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0446 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,824 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,60 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenerere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 03: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Februar 19) | | |
|--|---------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 001 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegeben Bestimmungsgrenze (BG)

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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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

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

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

Tab 04: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Februar 19) | | |
|--|---------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 002 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)


















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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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

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

Tab 05: TE-Faktoren nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der polychlorierten Dibenzo(p)dioxine (PCDD) und Dibenzo(p)furane (PCDF)

| PCDD/F Kongener | Strukturformel | TE-Faktoren | | | Relative Messunsicherheit ^a % |
|---------------------|---|----------------|----------|----------|---|
| | | NATO/CCMS 1988 | WHO 1997 | WHO 2005 | |
| 2378-TetraCDD |  | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 26,7 |
| 12378-PentaCDD |  | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 22,8 |
| 123478-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 34,1 |
| 123678-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 25,9 |
| 123789-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,6 |
| 1234678-HeptaCDD |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 89,4 |
| OctaCDD |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 96,4 |
| 2378-TetraCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,0 |
| 12378-PentaCDF |  | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 23,6 |
| 23478-PentaCDF |  | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 28,6 |
| 123478-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,9 |
| 123678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 123789-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 234678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,8 |
| 1234678-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 23,5 |
| 1234789-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 24,8 |
| OctaCDF |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 25,7 |
| I-TEQ | | | | | 23,9 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | | 23,6 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | | 23,5 |

a 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 %.

Tab 06: TE-Faktoren nach WHO von 1997 und 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB)

| PCB Kongener | WHO 1997 | WHO 2005 | Relative Messunsicherheit ^a % |
|-----------------------|----------|----------|--|
| non-ortho PCB | | | |
| PCB 77 | 0,0001 | 0,0001 | 29,3 |
| PCB 81 | 0,0001 | 0,0003 | 27,7 |
| PCB 126 | 0,1 | 0,1 | 29,5 |
| PCB 169 | 0,01 | 0,03 | 30,4 |
| mono-ortho PCB | | | |
| PCB 105 | 0,0001 | 0,00003 | 37,3 |
| PCB 114 | 0,0005 | 0,00003 | 30,7 |
| PCB 118 | 0,0001 | 0,00003 | 34,2 |
| PCB 123 | 0,0001 | 0,00003 | 50,4 |
| PCB 156 | 0,0005 | 0,00003 | 34,3 |
| PCB 157 | 0,0005 | 0,00003 | 31,4 |
| PCB 167 | 0,00001 | 0,00003 | 27,5 |
| PCB 189 | 0,0001 | 0,00003 | 34,7 |
| WHO-TEQ 1997 | | | 29,0 |
| WHO-TEQ 2005 | | | 28,6 |

- a 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 %.

Auftraggeber: Müller-BBM GmbH
Niederlassung Dresden
Lessingstraße 10
01465 Dresden-Langebrück

Tel.: 035201 725 0
Fax.: 035201 725 20
Email: Thomas.Heinz@mbbm.com

M-BBM-Projekt Nr.: M147 404 / B01

mas-Ansprechpartner:
Dr. Peter Luthardt
mas | münster analytical solutions gmbh
Wilhelm-Schickard-Str. 5
48149 Münster
Telefon: 0251 38 44 15 15
Telefax: 0251 38 44 15 01
Email: p.luthardt@mas-tp.com

mas-Projekt Nr.: 19 0408

Prüfung: Analyse von Depositionsproben auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (**PCDD**) und Dibenzofurane (**PCDF**) sowie auf polychlorierte Biphenyle (**WHO-PCB**)

Prüfgegenstand:

| Probenbezeichnung Auftraggeber | Probenart | Proben-Bestandteile | mas-Probennummer |
|--------------------------------|--|---|------------------|
| Messpunkt 1 (März 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 28,0000 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 200 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 003 |
| Messpunkt 2 (März 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 28,0417 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 50 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 004 |


Kundenauftrag: vom 22.03.2019

Probeneingang: 25.03.2019

Probenahme: Die Proben wurden der **mas gmbh** vom Auftraggeber überbracht.

Prüfbeginn: 02.04.2019 **Prüfende:** 10.04.2019

Prüfverfahren: Die PCDD/F-Prüfergebnisse sind den Tabellen 01 und 02 zu entnehmen. Da vom Auftraggeber Angaben zum Probenahme-Zeitraum gemacht wurden, erfolgte der Bezug der Ergebnisse auf die Sammelfläche pro Tag in pg/m². Die Tabellen 05 und 06 enthalten die zur TEQ-Berechnung verwendeten TE-Faktoren und Angaben zur erweiterten Messunsicherheit für das analytische Verfahren. Die PCB-Prüfergebnisse sind in den Tabellen 03 und 04 aufgeführt. Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

| | |
|--|--|
|   <p>Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-19582-01-00 Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005</p> | Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden. |
|--|--|

Probenvorbereitung

- Entfernen von Insekten aus den Proben soweit vorgefunden
- Ultraschallbehandlung der Glasgefäße nach Zugabe von 1n HCl
- Filtration der wässrigen Phasen über Glasfaserfilter
- Flüssig/flüssig-Extraktion des Filtrates mit Toluol
- Trocknung der Glasfaserfilter und Soxhlet Extraktion mit Toluol/ Aceton nach Zugabe von isotope-markierten PCDD/F als interne Standards

PCDD/F- und PCB-Analyse:

- Teilen des Gesamtextraktes
- mehrstufiges clean-up eines Extraktteils
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCB- und PCDD/F-Wiederfindungsstandards
- HRGC/HRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode nach VDI 2090 Blatt 1:2001-01 in Verbindung mit MAS_PA049:2013-10 und MAS_PA006:2013-11)

Kommentare: keine

Münster, den 10.04.2019



Dr. Peter Luthardt
(Projektleiter / Dipl.-Chemiker)



Dr. Armin Maulshagen
(Leiter F & E / Dipl.-Chemiker)



Deutsche
Akreditierungsstelle
D-PL-19582-01-00

Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Tab. 01: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (März 19) | | |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 003 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | 3,92 | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | 18,1 | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 1,00 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | 0,505 | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | 1,45 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | 0,937 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | 4,00 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | 3,92 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDD | pg/m ² d | 18,1 | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 11,5 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | 4,10 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | 0,922 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 28,4 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 16,5 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 44,9 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,410 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,55 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,394 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,77 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,296 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,981 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,66 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenerere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (März 19) | | |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 004 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,46 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,69 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,792 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,58 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb 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
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenere
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenere
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 03: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (März 19) | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 003 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb der angegeben Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenzen für Kongenere unterhalb der BG
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für Kongenere unterhalb der BG
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 04: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (März 19) | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 004 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)


















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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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


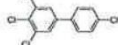


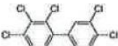
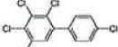
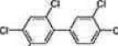
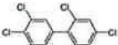
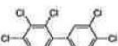
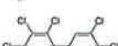
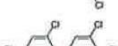
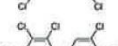
c Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 05: TE-Faktoren nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der polychlorierten Dibenzo(p)dioxine (PCDD) und Dibenzo(p)furane (PCDF)

| PCDD/F Kongener | Strukturformel | TE-Faktoren | | | Relative Messunsicherheit ^a % |
|---------------------|---|----------------|----------|----------|---|
| | | NATO/CCMS 1988 | WHO 1997 | WHO 2005 | |
| 2378-TetraCDD |  | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 26,7 |
| 12378-PentaCDD |  | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 22,8 |
| 123478-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 34,1 |
| 123678-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 25,9 |
| 123789-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,6 |
| 1234678-HeptaCDD |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 89,4 |
| OctaCDD |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 96,4 |
| 2378-TetraCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,0 |
| 12378-PentaCDF |  | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 23,6 |
| 23478-PentaCDF |  | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 28,6 |
| 123478-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,9 |
| 123678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 123789-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 234678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,8 |
| 1234678-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 23,5 |
| 1234789-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 24,8 |
| OctaCDF |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 25,7 |
| I-TEQ | | | | | 23,9 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | | 23,6 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | | 23,5 |

a 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 %.

Tab 06: TE-Faktoren nach WHO von 1997 und 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB)

| PCB Kongener | Strukturformel | WHO 1997 | WHO 2005 | Relative Messunsicherheit ^a % |
|-----------------------|---|----------|----------|--|
| non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 |  | 0,0001 | 0,0001 | 29,3 |
| PCB 81 |  | 0,0001 | 0,0003 | 27,7 |
| PCB 126 |  | 0,1 | 0,1 | 29,5 |
| PCB 169 |  | 0,01 | 0,03 | 30,4 |
| mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 |  | 0,0001 | 0,00003 | 37,3 |
| PCB 114 |  | 0,0005 | 0,00003 | 30,7 |
| PCB 118 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,2 |
| PCB 123 |  | 0,0001 | 0,00003 | 50,4 |
| PCB 156 |  | 0,0005 | 0,00003 | 34,3 |
| PCB 157 |  | 0,0005 | 0,00003 | 31,4 |
| PCB 167 |  | 0,00001 | 0,00003 | 27,5 |
| PCB 189 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,7 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | 29,0 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | 28,6 |

a 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 %.

Auftraggeber: **Müller-BBM GmbH**
Niederlassung Dresden
Lessingstraße 10
01465 Dresden-Langebrück

Tel.: 035201 725 0
Fax.: 035201 725 20
Email: Thomas.Heinz@mbbm.com

M-BBM-Projekt Nr.: M147 404 / B01

mas-Ansprechpartner:
Dr. Peter Luthardt
mas | münster analytical solutions gmbh
Wilhelm-Schickard-Str. 5
48149 Münster
Telefon: 0251 38 44 15 15
Telefax: 0251 38 44 15 01
Email: p.luthardt@mas-tp.com

mas-Projekt Nr.: 19 0408

Prüfung: Analyse von Depositionsproben auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (**PCDD**) und Dibenzofurane (**PCDF**) sowie auf polychlorierte Biphenyle (**WHO-PCB**)

Prüfgegenstand:

| Probenbezeichnung Auftraggeber | Probenart | Proben-Bestandteile | mas-Probennummer |
|--------------------------------|--|---|------------------|
| Messpunkt 1 (April 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 32,0104 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 0 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 005 |
| Messpunkt 2 (April 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 32,0069 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 0 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 006 |



Kundenauftrag: vom 23.04.2019

Probeneingang: 24.04.2019

Probenahme: Die Proben wurden der **mas gmbh** vom Auftraggeber überbracht.

Prüfbeginn: 03.05.2019 **Prüfende:** 10.05.2019

Prüfverfahren: Die PCDD/F-Prüfergebnisse sind den Tabellen 01 und 02 zu entnehmen. Da vom Auftraggeber Angaben zum Probenahme-Zeitraum gemacht wurden, erfolgte der Bezug der Ergebnisse auf die Sammelfläche pro Tag in pg/m². Die Tabellen 05 und 06 enthalten die zur TEQ-Berechnung verwendeten TE-Faktoren und Angaben zur erweiterten Messunsicherheit für das analytische Verfahren. Die PCB-Prüfergebnisse sind in den Tabellen 03 und 04 aufgeführt. Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

| | |
|--|--|
|   <p>Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL 15582-01-00 Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005</p> | Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der mas gmbh nicht auszugsweise vervielfältigt werden. |
|--|--|

Probenvorbereitung

- Entfernen von Insekten aus den Proben soweit vorgefunden
- Ultraschallbehandlung der Glasgefäße nach Zugabe von 1n HCl
- Filtration der wässrigen Phasen über Glasfaserfilter
- Flüssig/flüssig-Extraktion des Filtrates mit Toluol
- Trocknung der Glasfaserfilter und Soxhlet Extraktion mit Toluol/Aceton nach Zugabe von isotoopenmarkierten PCDD/F als interne Standards

PCDD/F- und PCB-Analyse:

- Teilen des Gesamtextraktes
- mehrstufiges clean-up eines Extraktteils
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCB- und PCDD/F-Wiederfindungsstandards
- HRGC/HRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode nach VDI 2090 Blatt 1:2001-01 in Verbindung mit MAS_PA049:2013-10 und MAS_PA006:2013-11)

Kommentare: keine

Münster, den 10.05.2019



Dr. Peter Luthardt
(Projektleiter / Dipl.-Chemiker)



Dr. Armin Maulshagen
(Leiter F & E / Dipl.-Chemiker)



Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Tab. 01: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (April 19) | | |
|---|---------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 005 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 0,630 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | 0,874 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | 0,606 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 5,76 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 1,48 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 5,76 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 7,24 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0630 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,50 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0630 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,73 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0630 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,843 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,62 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenerere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (April 19) | | |
|---|---------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 006 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | nd | 0,50* | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | 0,610 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 0,968 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 0,610 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 0,968 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 1,58 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,49 | 1,49 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,71 | 1,71 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,805 | 0,805 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,61 | 1,61 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

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

a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere

b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere

c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere

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

* Erhöhte Bestimmungsgrenze aufgrund von Matrixstörungen

Tab 03: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (April 19) | | |
|--|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 005 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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

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

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

Tab 04: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (April 19) | | |
|--|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 006 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)


















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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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

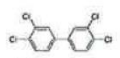
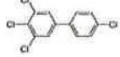
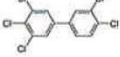
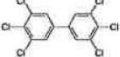
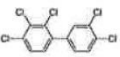
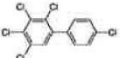
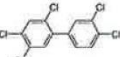
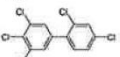
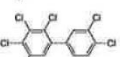
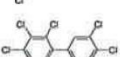
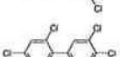
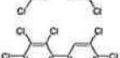
c Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 05: TE-Faktoren nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der polychlorierten Dibenzo(p)dioxine (PCDD) und Dibenzo(p)furane (PCDF)

| PCDD/F Kongener | Strukturformel | TE-Faktoren | | | Relative Messunsicherheit ^a % |
|---------------------|---|----------------|----------|----------|---|
| | | NATO/CCMS 1988 | WHO 1997 | WHO 2005 | |
| 2378-TetraCDD |  | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 26,7 |
| 12378-PentaCDD |  | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 22,8 |
| 123478-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 34,1 |
| 123678-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 25,9 |
| 123789-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,6 |
| 1234678-HeptaCDD |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 89,4 |
| OctaCDD |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 96,4 |
| 2378-TetraCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,0 |
| 12378-PentaCDF |  | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 23,6 |
| 23478-PentaCDF |  | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 28,6 |
| 123478-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,9 |
| 123678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 123789-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 234678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,8 |
| 1234678-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 23,5 |
| 1234789-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 24,8 |
| OctaCDF |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 25,7 |
| I-TEQ | | | | | 23,9 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | | 23,6 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | | 23,5 |

a 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 %.

Tab 06: TE-Faktoren nach WHO von 1997 und 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB)

| PCB Kongener | Strukturformel | WHO 1997 | WHO 2005 | Relative Messunsicherheit ^a % |
|-----------------------|---|----------|----------|--|
| non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 |  | 0,0001 | 0,0001 | 29,3 |
| PCB 81 |  | 0,0001 | 0,0003 | 27,7 |
| PCB 126 |  | 0,1 | 0,1 | 29,5 |
| PCB 169 |  | 0,01 | 0,03 | 30,4 |
| mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 |  | 0,0001 | 0,00003 | 37,3 |
| PCB 114 |  | 0,0005 | 0,00003 | 30,7 |
| PCB 118 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,2 |
| PCB 123 |  | 0,0001 | 0,00003 | 50,4 |
| PCB 156 |  | 0,0005 | 0,00003 | 34,3 |
| PCB 157 |  | 0,0005 | 0,00003 | 31,4 |
| PCB 167 |  | 0,00001 | 0,00003 | 27,5 |
| PCB 189 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,7 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | 29,0 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | 28,6 |

a 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 %.

Auftraggeber: **Müller-BBM GmbH**
Niederlassung Dresden
Lessingstraße 10
01465 Dresden-Langebrück

Tel.: 035201 725 0
Fax.: 035201 725 20
Email: Thomas.Heinz@mbbm.com

M-BBM-Projekt Nr.: M147 404 / B01

mas-Ansprechpartner:
Dr. Peter Luthardt
mas | münster analytical solutions gmbh
Wilhelm-Schickard-Str. 5
48149 Münster
Telefon: 0251 38 44 15 15
Telefax: 0251 38 44 15 01
Email: p.luthardt@mas-tp.com

mas-Projekt Nr.: 19 0408

Prüfung: Analyse von Depositionsproben auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (**PCDD**) und Dibenzofurane (**PCDF**) sowie auf polychlorierte Biphenyle (**WHO-PCB**)

Prüfgegenstand:

| Probenbezeichnung Auftraggeber | Probenart | Proben-Bestandteile | mas-Probennummer |
|--------------------------------|--|--|------------------|
| Messpunkt 1 (Mai 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 30,9965 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 50 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 007 |
| Messpunkt 2 (Mai 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 30,9931 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 50 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 008 |

Kundenauftrag: vom 24.05.2019



Probeneingang: 27.05.2019

Probenahme: Die Proben wurden der **mas gmbh** vom Auftraggeber überbracht.

Prüfbeginn: 03.06.2019

Prüfende: 14.06.2019

Prüfverfahren: Die PCDD/F-Prüfergebnisse sind den Tabellen 01 und 02 zu entnehmen. Da vom Auftraggeber Angaben zum Probenahme-Zeitraum gemacht wurden, erfolgte der Bezug der Ergebnisse auf die Sammelfläche pro Tag in pg/m². Die Tabellen 05 und 06 enthalten die zur TEQ-Berechnung verwendeten TE-Faktoren und Angaben zur erweiterten Messunsicherheit für das analytische Verfahren. Die PCB-Prüfergebnisse sind in den Tabellen 03 und 04 aufgeführt. Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

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

Probenvorbereitung

- Entfernen von Insekten aus den Proben soweit vorgefunden
- Ultraschallbehandlung der Glasgefäße nach Zugabe von 1n HCl
- Filtration der wässrigen Phasen über Glasfaserfilter
- Flüssig/flüssig-Extraktion des Filtrates mit Toluol
- Trocknung der Glasfaserfilter und Soxhlet Extraktion mit Toluol/Aceton nach Zugabe von isotoopenmarkierten PCDD/F als interne Standards

PCDD/F- und PCB-Analyse:

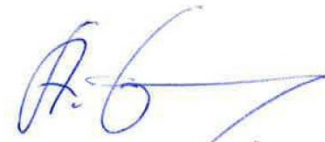
- Teilen des Gesamtextraktes
- mehrstufiges clean-up eines Extraktteils
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCB- und PCDD/F-Wiederfindungsstandards
- HRGC/HRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode nach VDI 2090 Blatt 1:2001-01 in Verbindung mit MAS_PA049:2013-10 und MAS_PA006:2013-11)

Kommentare: keine

Münster, den 14.06.2019



Dr. Peter Luthardt
(Projektleiter / Dipl.-Chemiker)



Dr. Stephan Hamm
(Projektleiter / Dipl.-Chemiker)



Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Tab. 01: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Mai 19) | | |
|---|---------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 007 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 0,428 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | 0,299 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | 1,65 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 5,20 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | 1,08 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 1,95 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 6,27 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 8,22 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0428 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,48 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0428 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,71 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0428 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,822 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,60 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenerere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Mai 19) | | |
|---|---------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 008 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 0,263 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 0,530 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 0,530 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 0,530 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0263 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,46 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0263 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,69 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0263 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,806 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,59 | 1,58 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

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

a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere

b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere

c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere

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

Tab 03: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Mai 19) | | |
|--|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 007 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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

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

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

Tab 04: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Mai 19) | | |
|--|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 008 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)


















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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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


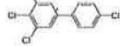

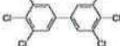
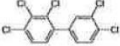
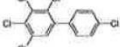
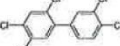
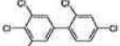
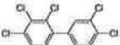
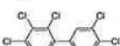
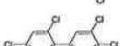
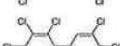
c Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 05: TE-Faktoren nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der polychlorierten Dibenzo(p)dioxine (PCDD) und Dibenzo(p)furane (PCDF)

| PCDD/F Kongener | Strukturformel | TE-Faktoren | | | Relative Messunsicherheit ^a % |
|---------------------|---|----------------|----------|----------|---|
| | | NATO/CCMS 1988 | WHO 1997 | WHO 2005 | |
| 2378-TetraCDD |  | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 26,7 |
| 12378-PentaCDD |  | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 22,8 |
| 123478-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 34,1 |
| 123678-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 25,9 |
| 123789-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,6 |
| 1234678-HeptaCDD |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 89,4 |
| OctaCDD |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 96,4 |
| 2378-TetraCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,0 |
| 12378-PentaCDF |  | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 23,6 |
| 23478-PentaCDF |  | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 28,6 |
| 123478-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,9 |
| 123678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 123789-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 234678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,8 |
| 1234678-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 23,5 |
| 1234789-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 24,8 |
| OctaCDF |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 25,7 |
| I-TEQ | | | | | 23,9 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | | 23,6 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | | 23,5 |

^a 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 %.

Tab 06: TE-Faktoren nach WHO von 1997 und 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB)

| PCB Kongener | Strukturformel | WHO 1997 | WHO 2005 | Relative Messunsicherheit ^a % |
|-----------------------|---|----------|----------|--|
| non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 |  | 0,0001 | 0,0001 | 29,3 |
| PCB 81 |  | 0,0001 | 0,0003 | 27,7 |
| PCB 126 |  | 0,1 | 0,1 | 29,5 |
| PCB 169 |  | 0,01 | 0,03 | 30,4 |
| mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 |  | 0,0001 | 0,00003 | 37,3 |
| PCB 114 |  | 0,0005 | 0,00003 | 30,7 |
| PCB 118 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,2 |
| PCB 123 |  | 0,0001 | 0,00003 | 50,4 |
| PCB 156 |  | 0,0005 | 0,00003 | 34,3 |
| PCB 157 |  | 0,0005 | 0,00003 | 31,4 |
| PCB 167 |  | 0,00001 | 0,00003 | 27,5 |
| PCB 189 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,7 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | 29,0 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | 28,6 |

a 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 %.

Auftraggeber: **Müller-BBM GmbH**
Niederlassung Dresden
Lessingstraße 10
01465 Dresden-Langebrück

Tel.: 035201 725 0
Fax.: 035201 725 20
Email: Thomas.Heinz@mbbm.com

M-BBM-Projekt Nr.: M147 404 / B01

mas-Ansprechpartner:
Dr. Peter Luthardt
mas | münster analytical solutions gmbh
Wilhelm-Schickard-Str. 5
48149 Münster
Telefon: 0251 38 44 15 15
Telefax: 0251 38 44 15 01
Email: p.luthardt@mas-tp.com

mas-Projekt Nr.: 19 0408

Prüfung: Analyse von Depositionsproben auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (**PCDD**) und Dibenzofurane (**PCDF**) sowie auf polychlorierte Biphenyle (**WHO-PCB**)

Prüfgegenstand:

| Probenbezeichnung Auftraggeber | Probenart | Proben-Bestandteile | mas-Probennummer |
|--------------------------------|--|---|------------------|
| Messpunkt 1 (Juni 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 30,9861 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 0 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 009 |
| Messpunkt 2 (Juni 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 30,9896 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 0 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 010 |

Kundenauftrag: vom 24.06.2019

Probeneingang: 25.06.2019

Probenahme: Die Proben wurden der **mas gmbh** vom Auftraggeber überbracht.

Prüfbeginn: 01.07.2019

Prüfende: 15.07.2019

Prüfverfahren: Die PCDD/F-Prüfergebnisse sind den Tabellen 01 und 02 zu entnehmen. Da vom Auftraggeber Angaben zum Probenahme-Zeitraum gemacht wurden, erfolgte der Bezug der Ergebnisse auf die Sammelfläche pro Tag in pg/m². Die Tabellen 05 und 06 enthalten die zur TEQ-Berechnung verwendeten TE-Faktoren und Angaben zur erweiterten Messunsicherheit für das analytische Verfahren. Die PCB-Prüfergebnisse sind in den Tabellen 03 und 04 aufgeführt. Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:



Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Probenvorbereitung

- Entfernen von Insekten aus den Proben soweit vorgefunden
- Ultraschallbehandlung der Glasgefäße nach Zugabe von 1n HCl
- Filtration der wässrigen Phasen über Glasfaserfilter
- Flüssig/flüssig-Extraktion des Filtrates mit Toluol
- Trocknung der Glasfaserfilter und Soxhlet Extraktion mit Toluol/Aceton nach Zugabe von isotoopenmarkierten PCDD/F als interne Standards

PCDD/F- und PCB-Analyse:

- Teilen des Gesamtextraktes
- mehrstufiges clean-up eines Extraktteils
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCB- und PCDD/F-Wiederfindungsstandards
- HRGC/HRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode nach VDI 2090 Blatt 1:2001-01 in Verbindung mit MAS_PA049:2013-10 und MAS_PA006:2013-11)

Kommentare: keine

Münster, den 15.07.2019



Dr. Peter Luthardt
(Projektleiter / Dipl.-Chemiker)



Franz Jöne
(Leiter Labor / Dipl.-Ing. (FH) Chemie)



Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Tab. 01: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Juni 19) | | |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 009 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 0,440 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | 0,422 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | 0,575 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | 0,804 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 2,73 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | 1,27 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 1,80 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 4,00 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 5,80 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0440 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,48 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0440 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,71 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0440 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,824 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,60 | 1,58 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb 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

b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenere

c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenere

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

Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Juni 19) | | |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 010 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | 0,306 | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 2,72 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 2,72 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 2,72 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0306 | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,47 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0306 | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,70 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | 0,0306 | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,810 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,59 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb 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
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenere
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenere
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 03: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Juni 19) | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 009 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegeben Bestimmungsgrenze (BG)

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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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

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

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

Tab 04: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Juni 19) | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 010 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)


















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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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


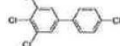
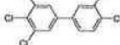
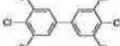
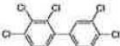
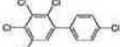
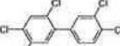
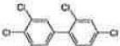
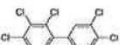
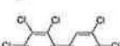
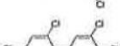
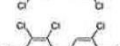
c Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 05: TE-Faktoren nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der polychlorierten Dibenzo(p)dioxine (PCDD) und Dibenzo(p)furane (PCDF)

| PCDD/F Kongener | Strukturformel | TE-Faktoren | | | Relative Messunsicherheit ^a % |
|---------------------|---|----------------|----------|----------|---|
| | | NATO/CCMS 1988 | WHO 1997 | WHO 2005 | |
| 2378-TetraCDD |  | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 26,7 |
| 12378-PentaCDD |  | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 22,8 |
| 123478-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 34,1 |
| 123678-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 25,9 |
| 123789-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,6 |
| 1234678-HeptaCDD |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 89,4 |
| OctaCDD |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 96,4 |
| 2378-TetraCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,0 |
| 12378-PentaCDF |  | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 23,6 |
| 23478-PentaCDF |  | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 28,6 |
| 123478-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,9 |
| 123678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 123789-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 234678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,8 |
| 1234678-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 23,5 |
| 1234789-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 24,8 |
| OctaCDF |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 25,7 |
| I-TEQ | | | | | 23,9 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | | 23,6 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | | 23,5 |

a 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 %.

Tab 06: TE-Faktoren nach WHO von 1997 und 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB)

| PCB Kongener | Strukturformel | WHO 1997 | WHO 2005 | Relative Messunsicherheit ^a % |
|-----------------------|---|----------|----------|--|
| non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 |  | 0,0001 | 0,0001 | 29,3 |
| PCB 81 |  | 0,0001 | 0,0003 | 27,7 |
| PCB 126 |  | 0,1 | 0,1 | 29,5 |
| PCB 169 |  | 0,01 | 0,03 | 30,4 |
| mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 |  | 0,0001 | 0,00003 | 37,3 |
| PCB 114 |  | 0,0005 | 0,00003 | 30,7 |
| PCB 118 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,2 |
| PCB 123 |  | 0,0001 | 0,00003 | 50,4 |
| PCB 156 |  | 0,0005 | 0,00003 | 34,3 |
| PCB 157 |  | 0,0005 | 0,00003 | 31,4 |
| PCB 167 |  | 0,00001 | 0,00003 | 27,5 |
| PCB 189 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,7 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | 29,0 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | 28,6 |

a 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 %.

Auftraggeber: Müller-BBM GmbH
 Niederlassung Dresden
 Lessingstraße 10
 01465 Dresden-Langebrück

Tel.: 035201 725 0
 Fax.: 035201 725 20
 Email: Thomas.Heinz@mbbm.com

mas-Ansprechpartner:
 Dr. Peter Luthardt
 mas | münster analytical solutions gmbh
 Wilhelm-Schickard-Str. 5
 48149 Münster
 Telefon: 0251 38 44 15 15
 Telefax: 0251 38 44 15 01
 Email: p.luthardt@mas-tp.com

M-BBM-Projekt Nr.: M147 404 / B01

mas-Projekt Nr.: 19 0408

Prüfung: Analyse von Depositionsproben auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (**PCDD**) und Dibenzofurane (**PCDF**) sowie auf polychlorierte Biphenyle (**WHO-PCB**)

Prüfgegenstand:

| Probenbezeichnung Auftraggeber | Probenart | Proben-Bestandteile | mas-Probennummer |
|--------------------------------|--|---|------------------|
| Messpunkt 1 (Juli 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 32,0035 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 0 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 011 |
| Messpunkt 2 (Juli 19) | Staubdeposition Depo-Dauer: 31,9931 Tage, Depo-Fläche 0,06994 m ² | Sammelprobe aus 10 Weckgläsern, 0 mL Flüssigkeit pro Glas | 19 0408 012 |

Kundenauftrag: vom 26.07.2019



Probeneingang: 29.07.2019

Probenahme: Die Proben wurden der **mas gmbh** vom Auftraggeber überbracht.

Prüfbeginn: 07.08.2019

Prüfende: 19.08.2019

Prüfverfahren: Die PCDD/F-Prüfergebnisse sind den Tabellen 01 und 02 zu entnehmen. Da vom Auftraggeber Angaben zum Probenahme-Zeitraum gemacht wurden, erfolgte der Bezug der Ergebnisse auf die Sammelfläche pro Tag in pg/m². Die Tabellen 05 und 06 enthalten die zur TEQ-Berechnung verwendeten TE-Faktoren und Angaben zur erweiterten Messunsicherheit für das analytische Verfahren. Die PCB-Prüfergebnisse sind in den Tabellen 03 und 04 aufgeführt. Die wichtigsten Analysenschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

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

Probenvorbereitung

- Entfernen von Insekten aus den Proben soweit vorgefunden
- Ultraschallbehandlung der Glasgefäße nach Zugabe von 1n HCl
- Filtration der wässrigen Phasen über Glasfaserfilter
- Flüssig/flüssig-Extraktion des Filtrates mit Toluol
- Trocknung der Glasfaserfilter und Soxhlet Extraktion mit Toluol/Aceton nach Zugabe von isotoopenmarkierten PCDD/F als interne Standards

PCDD/F- und PCB-Analyse:

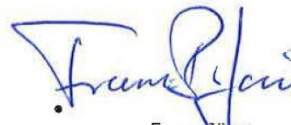
- Teilen des Gesamtextraktes
- mehrstufiges clean-up eines Extraktteils
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCB- und PCDD/F-Wiederfindungsstandards
- HRGC/HRMS-Analyse
- Quantifizierung über die internen Standards (Isotopenverdünnungsmethode nach VDI 2090 Blatt 1:2001-01 in Verbindung mit MAS_PA049:2013-10 und MAS_PA006:2013-11)

Kommentare: keine

Münster, den 19.08.2019



Dr. Peter Luthardt
(Projektleiter / Dipl.-Chemiker)



Franz Jöhne
(Leiter Labor / Dipl.-Ing. (FH) Chemie)



Hinweise: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die hier analysierten Proben. Der vorliegende Prüfbericht darf ohne schriftliche Zustimmung der **mas gmbh** nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Tab. 01: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Juli 19) | | |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 011 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | 0,591 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | 3,00 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | 0,591 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | 3,00 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | 3,59 | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,46 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,69 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,792 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,58 | 1,58 | WHO 2005 |

- nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
- nb Wert nicht berechnet, da keines der Kongenerere oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lag
- a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere
- b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere
- c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere
- d Die Nachweisgrenzen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab. 02: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCDD/F

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Juli 19) | | |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 012 | | |
| Analysenparameter | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| PCDD 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDD | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDD | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDD | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDD | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF 2378-Kongenerere | | | | |
| 2378-TetraCDF | pg/m ² d | nd | 0,25 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12378-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 23478-PentaCDF | pg/m ² d | nd | 0,50 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123478-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 123789-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 234678-HexaCDF | pg/m ² d | nd | 0,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234678-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 1234789-HeptaCDF | pg/m ² d | nd | 3,75 | VDI 2090 Bl. 1 |
| 12346789-OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDD | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDF Summen^a | | | | |
| Summe TetraCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe PentaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HexaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe HeptaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| OctaCDF | pg/m ² d | nd | 11,3 | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F Summen^a | | | | |
| Summe Tetra- bis OctaCDD | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDF | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| Summe Tetra- bis OctaCDD/F | pg/m ² d | nb | | VDI 2090 Bl. 1 |
| PCDD/F TEQ-Werte | | | | |
| I-TEQ excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | NATO/CCMS 1988 |
| I-TEQ incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,46 | 1,46 | NATO/CCMS 1988 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,69 | 1,69 | WHO 1997 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,792 | 0,792 | WHO 2005 |
| WHO-PCDD/F-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,58 | 1,58 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

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

a Summen- oder TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenerere

b TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der halben Bestimmungsgrenze für nicht quantifizierte Kongenerere

c TEQ-Wert berechnet unter Einbezug der vollen Bestimmungsgrenzen für nicht quantifizierte Kongenerere

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

Tab 03: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 1 (Juli 19) | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 011 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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

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

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

Tab 04: Ergebnisse der Analyse einer Depositionsprobe auf PCB

| Probenbezeichnung Auftraggeber | | Messpunkt 2 (Juli 19) | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Probenart | | Staubdeposition | | |
| mas-Probennummer | | 19 0408 012 | | |
| Dioxin-ähnliche PCB (WHO-PCB) | Einheit | Messwert | Best.-Grenze ^d | Prüfverfahren |
| Non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 81 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| PCB 126 | pg/m ² d | nd | 6,25 | MAS_PA006 |
| PCB 169 | pg/m ² d | nd | 12,5 | MAS_PA006 |
| Mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 | pg/m ² d | nd | 125 | MAS_PA006 |
| PCB 114 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 118 | pg/m ² d | nd | 250 | MAS_PA006 |
| PCB 123 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 156 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 157 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 167 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB 189 | pg/m ² d | nd | 25 | MAS_PA006 |
| PCB TEQ-Werte | | | | |
| WHO-PCB-TEQ 1997 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 1997 incl. BG ^c | pg/m ² d | 0,834 | 0,834 | WHO 1997 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 excl. BG ^a | pg/m ² d | nb | | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. ½ BG ^b | pg/m ² d | 0,511 | 0,511 | WHO 2005 |
| WHO-PCB-TEQ 2005 incl. BG ^c | pg/m ² d | 1,02 | 1,02 | WHO 2005 |

nd Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)


















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

a TEQ-Wert berechnet unter Einbezug nur der quantifizierten Kongenere

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


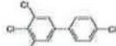


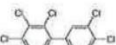
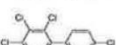
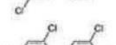

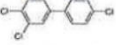
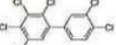
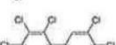
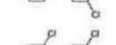
c Die Nachweismengen sind in der Regel jeweils um Faktor 3 niedriger als die angegebenen Bestimmungsgrenzen

Tab 05: TE-Faktoren nach NATO/CCMS (I-TEF) und WHO (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der polychlorierten Dibenzo(p)dioxine (PCDD) und Dibenzo(p)furane (PCDF)

| PCDD/F Kongener | Strukturformel | TE-Faktoren | | | Relative Messunsicherheit ^a % |
|---------------------|---|----------------|----------|----------|---|
| | | NATO/CCMS 1988 | WHO 1997 | WHO 2005 | |
| 2378-TetraCDD |  | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 26,7 |
| 12378-PentaCDD |  | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 22,8 |
| 123478-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 34,1 |
| 123678-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 25,9 |
| 123789-HexaCDD |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,6 |
| 1234678-HeptaCDD |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 89,4 |
| OctaCDD |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 96,4 |
| 2378-TetraCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,0 |
| 12378-PentaCDF |  | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 23,6 |
| 23478-PentaCDF |  | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 28,6 |
| 123478-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 27,9 |
| 123678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 123789-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,7 |
| 234678-HexaCDF |  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 21,8 |
| 1234678-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 23,5 |
| 1234789-HeptaCDF |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 24,8 |
| OctaCDF |  | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 25,7 |
| I-TEQ | | | | | 23,9 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | | 23,6 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | | 23,5 |

a 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 %.

Tab 06: TE-Faktoren nach WHO von 1997 und 2005 (WHO-TEF) sowie Angaben zur Messunsicherheit der analytischen Bestimmung der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB)

| PCB Kongener | Strukturformel | WHO 1997 | WHO 2005 | Relative Messunsicherheit ^a % |
|-----------------------|---|----------|----------|--|
| non-ortho PCB | | | | |
| PCB 77 |  | 0,0001 | 0,0001 | 29,3 |
| PCB 81 |  | 0,0001 | 0,0003 | 27,7 |
| PCB 126 |  | 0,1 | 0,1 | 29,5 |
| PCB 169 |  | 0,01 | 0,03 | 30,4 |
| mono-ortho PCB | | | | |
| PCB 105 |  | 0,0001 | 0,00003 | 37,3 |
| PCB 114 |  | 0,0005 | 0,00003 | 30,7 |
| PCB 118 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,2 |
| PCB 123 |  | 0,0001 | 0,00003 | 50,4 |
| PCB 156 |  | 0,0005 | 0,00003 | 34,3 |
| PCB 157 |  | 0,0005 | 0,00003 | 31,4 |
| PCB 167 |  | 0,00001 | 0,00003 | 27,5 |
| PCB 189 |  | 0,0001 | 0,00003 | 34,7 |
| WHO-TEQ 1997 | | | | 29,0 |
| WHO-TEQ 2005 | | | | 28,6 |

a 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 %.