

DIN EN 1948-1

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5
ICS 13.040.40

Ersatz für
DIN EN 1948-1:1997-05

**Emissionen aus stationären Quellen –
Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und
dioxin-ähnlichen PCB –
Teil 1: Probenahme von PCDD/PCDF;
Deutsche Fassung EN 1948-1:2006**

Stationary source emissions –
Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs –
Part 1: Sampling of PCDDs/PCDFs;
German version EN 1948-1:2006

Emissions de sources fixes –
Détermination de la concentration massique en PCDD/PCDF et PCB de type dioxine –
Partie 1: Prélèvement;
Version allemande EN 1948-1:2006

Gesamtumfang 68 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN 1948-1:2006 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe 1 „Dioxine und PCB (Emission)“ (Sekretariat und Obmannschaft: Deutschland) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: Deutschland) unter intensiver Mitwirkung deutscher Experten, die von der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss benannt worden sind, erarbeitet.

Diese Europäische Norm EN 1948-1:2006 wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 94/67/EG vom 16. Dezember 1994 über die Verbrennung gefährlicher Abfälle. Diese Richtlinie wurde durch die EU-Richtlinie 2000/76/EG vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen ersetzt; diese Europäische Norm EN 1948-1:2006 unterstützt ebenfalls die grundlegenden Anforderungen der neuen EU-Richtlinie 2000/76/EG, in deren Anhang III vorgeschrieben wird: *„Die Probenahme und Analyse aller Schadstoffe, einschließlich Dioxine und Furane, sowie die Referenzmessverfahren zur Kalibrierung automatischer Messsysteme sind nach CEN-Normen durchzuführen...“*.

Die Überarbeitung der EN 1948-1:2006 zwischen 2001 und 2004 bezieht sich nur auf den normativen Teil. Die Informationen, die in den informativen Anhängen als Ausführungsbeispiele gegeben werden, wurden unverändert beibehalten, da sie den Stand der Technik zum Zeitpunkt der Validierungsmessungen der EN 1948:1996 zwischen 1992 und 1995 wiedergeben. Damals wurden die Präzision und die Verfahrenskenngrößen in vier Vergleichs- und Validierungsversuchsreihen an Müllverbrennungsanlagen bestimmt. Die Validierungsmessungen wurden von der Europäischen Kommission, der Europäischen Freihandelszone und dem deutschen Umweltbundesamt finanziell unterstützt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1948-1:1997-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Erweiterung des Anwendungsbereiches:
DIN EN 1948 kann auch für weite Konzentrationsbereiche und verschiedene Emissionsquellen angewendet werden, die beschriebenen Messverfahren sind auch für die Bestimmung anderer leichtflüchtiger Substanzen, z. B. dioxin-ähnliche PCB, geeignet.
- b) Einführung neuer Begriffe und Korrektur der Begriffe:
„Feldblindwert“, „analytischer Blindwert“, „Probenahmestandard“, „Wiederfindungsstandard“, „dioxin-ähnliche PCB“, „Abgas-Probenahmeverfahren“, „Messserie/Probenahmekampagne“, „isokinetische Probenahme“, „Nachweisgrenze“, „Bestimmungsgrenze“, „WHO-TEF“, „WHO-TEQ“.
- c) Harmonisierung der Anforderungen mit bestehenden Europäischen Normen:
EN 13284-1, EN 14790, EN 14789.
- d) Korrigierte und erweiterte Anforderungen an:
Probenahmegeräte und Materialien;
Reinigung der Probenahmegeräte;
Probenahme;
Verfahrensvalidierung;
Ermittlung des Feldblindwertes;
Probensicherstellung;
Probenlagerung;
Probenahmebericht.
- e) Überarbeitung und Aktualisierung des informativen Anhang A über die Toxizität der PCDD/PCDF/PCB gemäß den Vorgaben der WHO.

Eine ausführliche Auflistung aller Änderungen findet sich im Vorwort der Europäischen Norm EN 1948-1:2006.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1948-1: 1997-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

VDI 2464 Blatt 1, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) — GC/MS-Verfahren für PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180*

VDI 2464 Blatt 2, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) — HR-GC/HR-MS-Verfahren für coplanare PCB*

VDI 3498 Blatt 1, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen: Verfahren mit großem Filter*

VDI 3498 Blatt 2, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen: Verfahren mit kleinem Filter*

VDI 3499 Blatt 1, *Messen von Emissionen — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF) — Verdünnungsmethode; Ausführungsbeispiel zur DIN EN 1948 im Konzentrationsbereich $< 0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ und Ergänzung für den Konzentrationsbereich $> 0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$; Bestimmung in Filterstaub, Kesselasche und Schlacken*

VDI 3499 Blatt 2, *Messen von Emissionen — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF) — Filter-/Kühler-Methode; Ausführungsbeispiel zur DIN EN 1948 im Konzentrationsbereich $< 0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ und Ergänzung für den Konzentrationsbereich $> 0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$*

VDI 3499 Blatt 3, *Messen von Emissionen — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF) — Gekühltes-Absaugrohr-Methode; Ausführungsbeispiel zur DIN EN 1948 im Konzentrationsbereich $< 0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ und Ergänzung für den Konzentrationsbereich $> 0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

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

Stationary source emissions —
Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs
and dioxin-like PCBs —
Part 1: Sampling of PCDDs/PCDFs

Emissions de sources fixes —
Détermination de la concentration massique en
PCDD/PCDF et PCB de type dioxine —
Partie 1: Prélèvement

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Januar 2006 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Prinzip des vollständigen PCDD/PCDF-Messverfahrens	13
6 Probenahmegeräte und Materialien.....	15
7 Anforderungen an die Probenahme.....	18
8 Sicherheitsmaßnahmen und Transport.....	21
9 Vorbereitung und Probenahme	21
Anhang A (informativ) Toxizität und Toxizitätsäquivalenz	27
Anhang B (informativ) Ausführungsbeispiele.....	30
Anhang C (informativ) Beispiele für Adsorbenzien und ihre Vorbereitung und Reinigung	58
Anhang D (informativ) Probenahmeprotokoll	59
Anhang E (informativ) Bezug zu EU-Richtlinien	62
Literaturhinweise	63

Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1948-1:2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2006, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2006 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 1948-1:1996.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 94/67/EG vom 16. Dezember 1994 über die Verbrennung gefährlicher Abfälle [1]. Diese Richtlinie wurde durch die EU-Richtlinie 2000/76/EG vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen [2] ersetzt; diese Europäische Norm unterstützt ebenfalls die grundlegenden Anforderungen der neuen EU-Richtlinie 2000/76/EG (siehe auch Anhang E).

Die Präzision und die Verfahrenskenngrößen wurden zwischen 1992 und 1995 in vier Vergleichs- und Validierungsversuchsreihen an Müllverbrennungsanlagen bestimmt, die von der Europäischen Kommission, der Europäischen Freihandelszone und dem deutschen Umweltbundesamt finanziell unterstützt wurden.

Die Überarbeitung dieser EN zwischen 2001 und 2004 bezieht sich nur auf den normativen Teil. Die Informationen, die in den informativen Anhängen als Ausführungsbeispiele gegeben werden, wurden unverändert beibehalten, da sie den Stand der Technik zum Zeitpunkt der Validierungsmessungen der EN 1948:1996 zwischen 1992 und 1995 wiedergeben.

Diese Europäische Norm EN 1948:2006 besteht aus drei Teilen, die die Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD und PCDF in Emissionen aus stationären Quellen behandeln:

- Teil 1: *Probenahme von PCDD/PCDF*
- Teil 2: *Extraktion und Reinigung von PCDD/PCDF*
- Teil 3: *Identifizierung und Quantifizierung von PCDD/PCDF*

Alle drei Teile werden für die Ausführung von Dioxinmessungen benötigt.

Zusätzlich wird zur Beschreibung der Probenahme, Extraktion und Analyse von dioxin-ähnlichen PCB die Technische Spezifikation CEN/TS 1948-4¹⁾ erstellt, die entweder nach entsprechenden Validierungsmessungen oder nach einer Überprüfungsdauer von drei Jahren in eine Europäische Norm übergeführt wird.

1) wird veröffentlicht

Folgende wichtige Änderungen wurden im Rahmen der Überarbeitung der EN 1948-1 vorgenommen:

- 1) **Titel:** Erweiterung des Titels in Hinblick auf die zukünftige EN 1948-4 zur Bestimmung von dioxin-ähnlichen PCB.
- 2) **Vorwort:**
 - Streichung aller Vorgängerdokumente, die als Grundlage bei der Erstellung der EN 1948 gedient haben, sowie der Aufstellung der an der Normenerstellung beteiligten Normungsinstitute;
 - Aktualisierung des Hinweises zur Mandatierung der Norm und zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinien 94/67/EG und 2000/76/EG;
 - zusätzlicher Hinweis, dass sich die Überarbeitung nur auf den normativen Teil der Norm bezieht; der informative Anhang B „Ausführungsbeispiele“ wurde unverändert beibehalten und gibt den Stand der Technik zum Zeitpunkt der Validierungsmessungen der EN 1948:1996 zwischen 1992 und 1995 wieder;
 - zusätzlicher Hinweis bezüglich der zukünftigen EN 1948-4, die die Analyse von dioxin-ähnlichen PCB behandelt.
- 3) **Einleitung:** Neuer Hinweis, dass nur qualifiziertes Fachpersonal, das mit dem Umgang von hochtoxischen Verbindungen vertraut ist, das in dieser Europäische Norm beschriebene Verfahren anwenden sollte (analog EN 1948-2 und EN 1948-3).
- 4) **Anwendungsbereich:**
 - Zusätzlicher Hinweis, dass die EN 1948 auch für weite Konzentrationsbereiche und verschiedene Emissionsquellen angewendet werden kann;
 - zusätzlicher Hinweis, dass die beschriebenen Messverfahren auch für die Bestimmung anderer leichtflüchtiger Substanzen, z. B. dioxin-ähnliche PCB, geeignet sind.
- 5) **Normative Verweisungen:**
 - Aktualisierung der Verweise auf EN 1948-2:2006, EN 1948-3:2006;
 - Verweis auf EN 13284-1:2001 zur Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubgehalten anstelle ISO 9096, daher ersatzlose Streichung sämtlicher Verweise auf ISO 9096 und Ersatz durch EN 13284-1:2001;
 - zusätzlicher normativer Verweis auf EN ISO/IEC 17025:2005;
 - ersatzlose Streichung des Verweises auf ISO 4793:1980.
- 6) **Abschnitt 3 Begriffe:**
 - Unterscheidung zwischen Abschnitt 3 „Begriffe“ und Abschnitt 4 „Symbole und Abkürzungen“, daraus ergibt sich eine veränderte Nummerierung der folgenden Kapitel
 - korrigierte Definition des „Feldblindwertes“ zur Verdeutlichung;
 - korrigierte Definition des „analytischen Blindwertes“ zur Verdeutlichung;
 - korrigierte Definition des „Probenahmestandards“: nur Furane;
 - Umbenennung „Spritzenstandard“ in „Wiederfindungsstandard“;
 - korrigierte Definition des „Wiederfindungsstandards“: nur Dioxine;
 - zusätzliche Definition von „dioxin-ähnlichen PCB“;
 - zusätzliche Definition von „Abgas-Probenahmenvolumen“;
 - zusätzliche Definition von „Messserie“ bzw. „Probenahmekampagne“;
 - korrigierte Definition und Anforderung der isokinetischen Probenahme nach EN 13284-1:2001;
 - zusätzliche Definition und Berechnung der Nachweisgrenze;
 - zusätzliche Definition und Berechnung der Bestimmungsgrenze;
 - zusätzliche Definition der WHO-TEF, WHO-TEQ.

7) **Abschnitt 5.1 Probenahme:**

- Zusätzlicher Hinweis, dass eine höhere Probengas-Temperatur als 20 °C/40 °C (abhängig vom gewählten Probenahmeverfahren) zulässig ist, sofern belegt werden kann, dass die erzielten Ergebnisse äquivalent sind;
- korrigierte Erklärung zur Taupunktunterschreitung bzw. zum Anstieg der relativen Feuchte.

8) **Abschnitt 6.1 Allgemeine Probenahmegeräte:**

- Erweiterung der Auflistung der allgemeinen Probenahmegeräte, Streichen der alten Abschnitte 5.1.1 bis 5.1.4 mit den Einzelaufstellungen der Geräte für die unterschiedlichen Probenahmeverfahren, weil alle Details im Anhang B aufgeführt sind;
- zusätzliche Anmerkung zum Sauerstoffgehalt und seinen Einfluss auf die Verfahrenskenngrößen;
- Harmonisierung der Anforderungen an die Probenahmegeräte mit den Normen EN 13284-1, EN 14790, EN 147789.

9) **Abschnitt 6.2 Materialien:** Erweiterung der Anforderungen für Materialien.10) **Abschnitt 6.3 Reinigung der Probenahmegeräte:** Zusätzlicher Abschnitt 6.3.11) **Abschnitt 7.1a Verfahrensvalidierung:**

- a) Anforderungen an den Abscheidegrad der Planfilter nach EN 13284-1:2001;
- c) Korrektur der Validierungsanforderung an das Abgas-Probenahmeverfahren;
- c) Zusätzliche Validierungsanforderungen an die mittlere Adsorbenttemperatur.

12) **Abschnitt 7.2a Anforderungen an die Probenahme:**

- Maximale Probenahmedauer von 8 h wurde gestrichen;
- d) Der Feldblindwert muss gemäß des neuen Abschnitts 7.3 durchgeführt werden;
- e) Anforderung zur Bestimmungsgrenze nach EN 1948-3 wurde ergänzt, Formel zur Berechnung der Bestimmungsgrenze nach EN 1948-3 wurde ergänzt, Anmerkungen zum Mindest-Probenahmeverfahren und zur Mindest-Probenahmedauer nach 2000/76/EG wurden ergänzt;
- f) Ergänzung des zu dotierenden Apparaturbestandteils.

13) **Abschnitt 7.3 Anforderungen an den Feldblindwert:** Zusätzlicher Abschnitt mit einer ergänzten und korrigierten Zusammenstellung aller Anforderungen an den Feldblindwert.14) **Abschnitt 7.4, 7.5, 7.6 Zusätzliche Anforderungen für die drei verschiedenen Verfahren:**

- Zusätzliche Fußnote, dass für den Filter des Filter/Kondenser-Verfahrens ein Temperaturlimit von 125 °C einzuhalten ist, um chemische Reaktionen auf aktivierten Oberflächen zu vermeiden;
- die Anforderung, die Probenahmegeräte ausschließlich nach den Bildern in Anhang B zusammenzufügen, wurde gestrichen;
- die Anforderung zur Kühlung des Probengases auf eine festgelegte Temperatur von 20 °C bzw. 40 °C wurde gestrichen.

15) **Abschnitt 9.3.4.2 Wechsel der Messachse:** Zusätzliche Anforderung zur Durchführung einer Dichtungsprüfung beim Wechsel der Messachse.16) **Abschnitt 9.3.5.1 Sicherstellung der Probe aus der Probenahmeapparatur:** Zusätzliche Anforderungen hinsichtlich des Spülens der Ausrüstung, die Spüllösung wird Teil der Probe.17) **Abschnitt 9.3.5.2 Probenlagerung:**

- Anforderung, die Proben unter 4 °C zu lagern wurde gestrichen;
- zusätzliche Anforderung zur Lagerung Schraubdeckel mit aluminium-kaschierter Dichtung zu verwenden.

- 18) **Abschnitt 9.4 Berechnung des Abgas-Probenahmevolumens:** Korrektur der Formellegende zur Umrechnung auf Normbedingungen.
- 19) **Abschnitt 9.5 Probenahmebericht:**
- Ergänzung des Inhaltes und der Bedeutung des Probenahmeberichts;
 - e) Zusätzliche Anforderung hinsichtlich der Identifizierung der verwendeten Teile der Probenahmeausrüstung;
 - g) Vereinheitlichung der Anforderungen hinsichtlich der isokinetischen Probenahme nach EN 13284-1:2001.
- 20) **Anhang A:** Überarbeitung/Aktualisierung der Toxizität der PCDD/PCDF gemäß den Vorgaben der WHO.
- 21) **Anhang B:** Ergänzung von Literaturhinweisen.
- 22) **Anhang B 1.5b:** Korrektur der Filterposition.
- 23) **Anhang E (alt)/F:** Streichung der Anhänge zur Gehaltsbestimmung von Feuchte und Sauerstoff.
- 24) **Anhang E (neu):** Aktualisierung des Hinweises zur Mandatierung der Norm und zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der EU-Direktiven 94/67/EG und 2000/76/EG.
- 25) **Literaturhinweise:** Aktualisierung.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Als polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) werden zwei Gruppen verwandter chlorierter aromatischer Ether bezeichnet; sie setzen sich aus insgesamt 210 einzelnen Substanzen (Kongenere) zusammen: 75 PCDD und 135 PCDF.

PCDD und PCDF können sich bei der Verbrennung organischen Materials bilden; sie treten auch als unerwünschte Nebenprodukte bei der Herstellung oder Weiterverarbeitung chlorierter organischer Chemikalien auf. PCDD/PCDF gelangen über diese Emissionspfade und durch die Anwendung kontaminierter Materialien in die Umwelt. Sie sind in sehr geringen Konzentrationen überall vorhanden. Die 2,3,7,8-chlorsubstituierten Kongenere sind toxikologisch signifikant. Von wesentlich geringerer toxikologischer Bedeutung als die tetra- bis octachlorierten Dibenzodioxine/Dibenzofurane sind die 74 mono- bis trichlorierten homologen Dibenzodioxine/Dibenzofurane (Toxizitätsäquivalentfaktoren, siehe Anhang A).

Nur qualifiziertes Bedienungspersonal, das im Umgang mit hochtoxischen Verbindungen Erfahrung hat, sollte das in dieser Europäischen Norm beschriebene Verfahren anwenden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Probenahme der PCDD/PCDF fest. Sie ist wesentlicher Bestandteil des vollständigen Messverfahrens. Die Anwendung der anderen beiden Teile EN 1948-2:2006 und EN 1948-3:2006, die die Extraktion und Reinigung bzw. die Identifizierung und Quantifizierung beschreiben, ist notwendig für die Bestimmung der PCDD und PCDF.

Diese Europäische Norm ist für die Messung von PCDD/PCDF-Emissionskonzentrationen von stationären Quellen im Bereich von 0,1 ng I-TEQ/m³ konzipiert.

In dieser Europäischen Norm werden sowohl die Verfahrensvalidierung als auch ein Rahmen für die Qualitätskontrollanforderungen, die bei jeder PCDD/PCDF-Probenahme erfüllt werden müssen, festgelegt.

Der Nutzer hat die Möglichkeit, zwischen drei unterschiedlichen Verfahren zu wählen:

- Filter/Kühler-Methode;
- Verdünnungsmethode;
- Gekühltes-Absaugrohr-Methode.

Jedes Probenahmeverfahren wird durch einige Probenahmesysteme veranschaulicht, die ausführlich im Anhang B als geprüfte Ausführungsbeispiele beschrieben werden.

Anhand von Vergleichsmessungen, die mit den drei Probenahmeverfahren an städtischen Müllverbrennungsanlagen bei einer PCDD/PCDF-Emission von 0,1 ng I-TEQ/m³ durchgeführt wurden, wurden diese drei Verfahren innerhalb des erwarteten Unsicherheitsbereiches für gleichwertig erachtet. Die Validierungsmessungen wurden im Abgas von städtischen Müllverbrennungsanlagen im PCDD/PCDF-Emissionsbereich von etwa 0,1 ng I-TEQ/m³ und einer Staubbelastung von 1 mg/m³ bis 15 mg/m³ durchgeführt. Obwohl diese Europäische Norm hauptsächlich für Abgasemissionen aus Müllverbrennungsanlagen entwickelt und validiert wurde, zeigen die praktischen Erfahrungen, dass sie auch für weite Konzentrationsbereiche und verschiedene Emissionsquellen angewendet werden kann.

Das in den drei Teilen der EN 1948:2006 beschriebene Verfahren legt Anforderungen für die Bestimmung der 17 Kongenere fest, die zur Berechnung des Gesamt-I-TEQ benötigt werden (siehe Tabelle A.1).

Neben der Bestimmung der PCDD/PCDF sind die beschriebenen Messverfahren für die Bestimmung anderer leichtflüchtiger Substanzen, z. B. dioxin-ähnlicher PCB, geeignet (Details zur Probenahme und Analyse, siehe CEN/TS 1948-4), obwohl bislang noch keine Verfahrenskenngrößen verfügbar sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 1948-2:2006, *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB — Teil 2: Extraktion und Reinigung von PCDD/PCDF*

EN 1948-3:2006, *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB — Teil 3: Identifizierung und Quantifizierung von PCDD/PCDF*.

EN 13284-1, *Emissionen aus stationären Quellen — Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen — Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren*

EN 14789, *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung der Volumenkonzentration von Sauerstoff (O₂) — Referenzverfahren — Paramagnetismus*

EN 14790 *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung von Wasserdampf in Leitungen*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Begriffe nach EN 1948-2:2006 und EN 1948-3:2006 und die folgenden Begriffe.

3.1

analytischer Blindwert

Wert, der mithilfe einer Blindwertprobe ermittelt wird, die dem vollständigen analytischen Verfahren unterworfen wird, einschließlich Extraktion, Reinigung, Identifizierung und Quantifizierung, wobei alle relevanten Reagenzien und Materialien enthalten sind

3.2

Kongener

jedes der 210 individuellen PCDD/PCDF

3.3

dioxin-ähnliche PCB

jedes PCB, das gemäß WHO eine ähnliche Toxizität wie die 2,3,7,8-substituierten PCDD/PCDF aufweist [3]

3.4

Extraktionsstandard

¹³C₁₂-markierte 2,3,7,8-chlorsubstituierte PCDD/PCDF, die vor der Extraktion hinzugefügt werden; diese Standards dienen auch zur Berechnung der Ergebnisse

3.5

Feldblindwert

Wert, der mithilfe einer Blindwertprobe ermittelt wird, die einem festgelegten Verfahren unterworfen wird, um sicherzustellen, dass während des gesamten Messablaufs keine signifikanten Verunreinigungen aufgetreten sind, und um zu überprüfen, ob der Anwender einen Quantifizierungsgrad entsprechend der Messaufgabe erzielen kann

3.6

Abgas-Probenahmenvolumen

ausgedrückt bei Normbedingungen von Temperatur und Druck, bezogen auf trockenes Gas, und falls notwendig, korrigiert auf die Sauerstoff-Referenzkonzentration

3.7

isokinetische Probenahme

Probenahme mit einem Volumenstrom, bei dem die Geschwindigkeit und die Strömungsrichtung des Gases, das in die Entnahmesonde eintritt, gleich der Geschwindigkeit und der Strömungsrichtung des Gases im Abgaskanal am Messpunkt sind

[EN 13284-1:2001, Definition 3.5]

3.8

Keeper

Lösemittel mit hohem Siedepunkt, das zu der Extraktionsstandardlösung hinzugefügt wird

3.9

Nachweisgrenze (LOD)

minimaler Wert der Messgröße, für den sich die Messeinrichtung mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit nicht im Grundzustand befindet

ANMERKUNG 1 Die Nachweisgrenze, auch die Erkennungsfähigkeit genannt, bezieht sich auf den jeweiligen Grundzustand. Dieser kann von „Null“ verschieden sein, beispielsweise bei Sauerstoffmessungen oder bei Verwendung von Gaschromatographen.

[prEN ISO 9169:2004, Definition 3.2.6 [4]]

ANMERKUNG 2 Der Messwert kann vom analytischen Blindwert mit einer Sicherheit von 99 % unterschieden werden. Die Nachweisgrenze wird als mittlerer analytischer Blindwert (b_{ave}) plus die dreifache Standardabweichung des analytischen Blindwertes (s_b) ausgedrückt.

$$LOD = b_{ave} + 3 s_b \quad (1)$$

Dabei ist

- LOD die Nachweisgrenze;
 b_{ave} der mittlere analytische Blindwert;
 s_b die Standardabweichung des analytischen Blindwertes.

ANMERKUNG 3 In dieser Europäischen Norm sollte die Nachweisgrenze bevorzugt aus dem analytischen Blindwert b_{ave} berechnet werden. Sollte dies nicht möglich sein, kann die Nachweisgrenze aus dem Signal-Rausch-Verhältnis nach EN 1948-3:2006, 8.1 berechnet werden.

3.10

Bestimmungsgrenze (LOQ)

Grenze, oberhalb derer eine Quantifizierung der Messgröße möglich ist, ausgedrückt als mittlerer analytischer Blindwert plus die fünf- bis zehnfache Standardabweichung des analytischen Blindwertes; der Faktor F hängt von der vereinbarten Messunsicherheit ab

$$LOQ = b_{ave} + F s_b \quad (2)$$

Dabei ist

- LOQ die Bestimmungsgrenze;
 b_{ave} der mittlere analytische Blindwert;
 s_b die Standardabweichung des analytischen Blindwertes.

ANMERKUNG In dieser Europäischen Norm sollte die Bestimmungsgrenze bevorzugt aus dem analytischen Blindwert b_{ave} berechnet werden. Sollte dies nicht möglich sein, kann die Bestimmungsgrenze aus dem Signal-Rausch-Verhältnis nach EN 1948-3:2006, 8.1, unter Anwendung der Anforderungen in EN 1948-3:2006, 8.3e, berechnet werden.

3.11

Messreihe

Probenahmekampagne

mehrere aufeinander folgende Messungen, die am selben Probenahmeort und unter den gleichen Arbeitsprozessbedingungen durchgeführt werden (in dieser Europäischen Norm wird oft der Begriff Probenahmekampagne verwendet)

3.12

Muster

chromatographischer Ausdruck einer jeden Serie von PCDD/PCDF-Isomeren

3.13

PCDD/PCDF-Isomere

PCDD oder PCDF mit identischer chemischer Zusammensetzung, aber unterschiedlicher Struktur

3.14

Profil

graphische Darstellung der Summen der PCDD/PCDF-Isomeren-Konzentrationen

3.15**Wiederfindungsstandard**

$^{13}\text{C}_{12}$ -markierte 2,3,7,8-chlorsubstituierte PCDD, die vor der GC-Injektion hinzugefügt werden

3.16**Probenahmestandard**

$^{13}\text{C}_{12}$ -markierte 2,3,7,8-chlorsubstituierte PCDF, die vor der Probenahme hinzugefügt werden

3.17**Dotieren**

Zugabe $^{13}\text{C}_{12}$ -markierter PCDD- und PCDF-Standards

3.18**Normdruck**

101,3 kPa

3.19**Normtemperatur**

273,15 K

3.20**WHO-TEF**

Toxizitätsäquivalentfaktor, der von der WHO vorgeschlagen wurde [4] (ausführliche Beschreibung, siehe Anhang A)

3.21**WHO-TEQ**

Toxizitätsäquivalent, das sich ergibt, wenn die ermittelte Masse mit dem entsprechenden WHO-TEF multipliziert wird, der die PCDD, PCDF und PCB berücksichtigt (ausführliche Beschreibung, siehe Anhang A)

ANMERKUNG WHO-TEQ_{PCB} und WHO-TEQ_{PCDD/PCDF} sollten zur Unterscheidung der verschiedenen Verbindungsklassen verwendet werden.

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Allgemeines

HRGC

hochauflösende Gaschromatographie

HRMS

hochauflösende Massenspektrometrie

I-TEF

internationaler Toxizitätsäquivalentfaktor (genaue Beschreibung, siehe Anhang A)

I-TEQ

internationales Toxizitätsäquivalent, das sich ergibt, wenn die ermittelte Masse mit dem entsprechenden I-TEF gewichtet wird (genaue Beschreibung, siehe Anhang A)

LOD

Nachweisgrenze

LOQ

Bestimmungsgrenze

PCB

polychloriertes Biphenyl

PCDD/PCDF

polychloriertes Dibenzo-p-dioxin/Dibenzofuran

PTFE

Polytetrafluorethylen

PU-Schaum

Polyurethanschaum

WHO-TEF

Toxizitätsäquivalentfaktor der Weltgesundheitsorganisation

WHO-TEQ

Toxizitätsäquivalent der Weltgesundheitsorganisation

4.2 Kongenere der PCDD/PCDF

TCDD

Tetrachlordibenzo-p-dioxin

PeCDD

Pentachlordibenzo-p-dioxin

HxCDD

Hexachlordibenzo-p-dioxin

HpCDD

Heptachlordibenzo-p-dioxin

OCDD

Octachlordibenzo-p-dioxin

TCDF

Tetrachlordibenzofuran

PeCDF

Pentachlordibenzofuran

HxCDF

Hexachlordibenzofuran

HpCDF

Heptachlordibenzofuran

OCDF

Octachlordibenzofuran

5 Prinzip des vollständigen PCDD/PCDF-Messverfahrens

5.1 Probenahme

5.1.1 Allgemeines

Das Gas wird im Abgaskanal isokinetisch gezogen. Die PCDD/PCDF, die auf den Partikeln adsorbiert sind bzw. sich in der Gasphase befinden, werden in der Probenahmeapparatur gesammelt. Als Sammeleinheit kann ein Filter, ein Kondensatkolben und ein Feststoff- oder Flüssigadsorbens, entsprechend dem ausgewählten Probenahmesystem, dienen. Drei unterschiedliche Probenahmesysteme

- Filter/Kühler-Methode,
- Verdünnungsmethode,
- Gekühltes-Absaugrohr-Methode

stehen zur Verfügung.

Schematische Darstellungen der Probenahmeverfahren sind in den Bildern 1 bis 3 wiedergegeben.

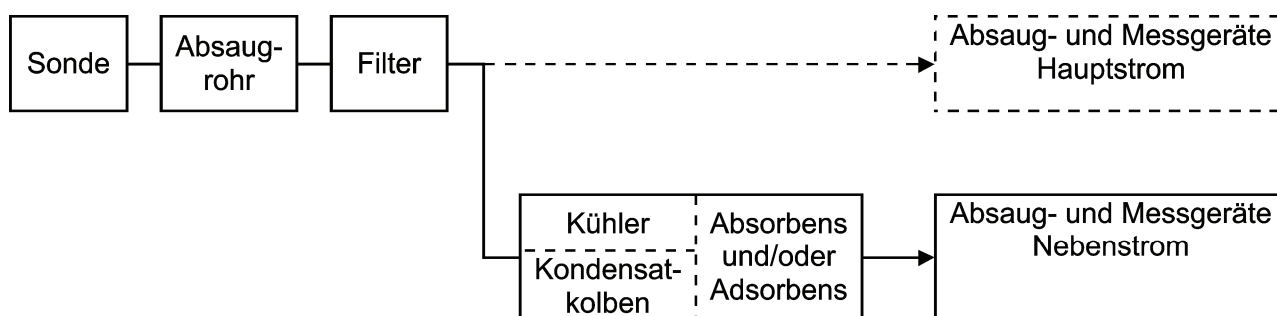
Die Hauptsammeleinheiten werden vor der Probenahme mit $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCDD/PCDF dotiert, um die Probenahme-Wiederfindungsrate der Kongenere zu bestimmen. Das Probengas wird auf die für das Probenahmesystem spezifische Temperatur gebracht, und die gasförmigen und partikelgebundenen PCDD/PCDF werden abgeschieden.

Die Probenahme muss nach EN 13284-1 vorgenommen werden. Ausnahmen müssen mit der entsprechenden Rechtfertigung angegeben werden.

Die einzuhaltenden Anforderungen für das Probenahmeverfahren werden in der vorliegenden Europäischen Norm beschrieben. Ausführungsbeispiele sind in Anhang B aufgeführt. Die beschriebenen Systeme halten die in Abschnitt 7 aufgeführten Anforderungen ein, unterscheiden sich jedoch in der Vorgehensweise.

5.1.2 Filter/Kühler-Methode

Das Prinzip des Verfahrens ist in Bild 1 wiedergegeben. Unterschiedliche Varianten dieses Systems stehen zur Wahl (siehe Bilder B.1, B.2 und B.5).



---- Option

Bild 1 — Schematische Darstellung der Filter/Kühler-Methode

Der Filter wird hinter der Sonde (im Abgaskanal) oder hinter dem Absaugrohr (außerhalb des Abgaskanals) angebracht. Die Temperatur des Filters muss unter 125 °C²⁾, aber oberhalb der Wassertaupunkttemperatur gehalten werden. Im Falle hoher Staubbeladungen kann ein Quarzwattefilter oder ein Zyklon vorgeschaltet werden, sodass der Filter nicht überbeladen wird. Nach dem Filter wird das Probengas in einem Kühler auf unter 20 °C gekühlt. Eine höhere Temperatur kann genutzt werden, sofern nachgewiesen wird, dass die erzielten Ergebnisse äquivalent sind. Die gasförmigen und aerosolförmigen Anteile der PCDD/PCDF werden in den Impingern und/oder auf den Feststoffadsorbentien abgeschieden.

In einer Variante dieses Probenahmesystems kann eine Feststoffadsorbereinheit zwischen Kühler und Kondensatkolben geschaltet werden (siehe Bild B.5).

Das System mit Stromteilung unterscheidet sich in der Weise, dass sich nach dem Filter ein Strömungsteiler befindet. Der Hauptstrom, mit einem hohen Volumendurchfluss zur einfacheren Einstellung der isokinetischen Bedingungen, passiert den Filter. Der Nebenstrom - nach der Stromteilung - ist identisch mit der oben beschriebenen Apparatur mit Kühler und Adsorbereinheit (siehe Bild B.2).

5.1.3 Verdünnungsmethode

Das Prinzip des Verfahrens ist in Bild 2 wiedergegeben. Detailunterschiede in diesem System sind möglich (siehe Bilder B.6 und B.8).

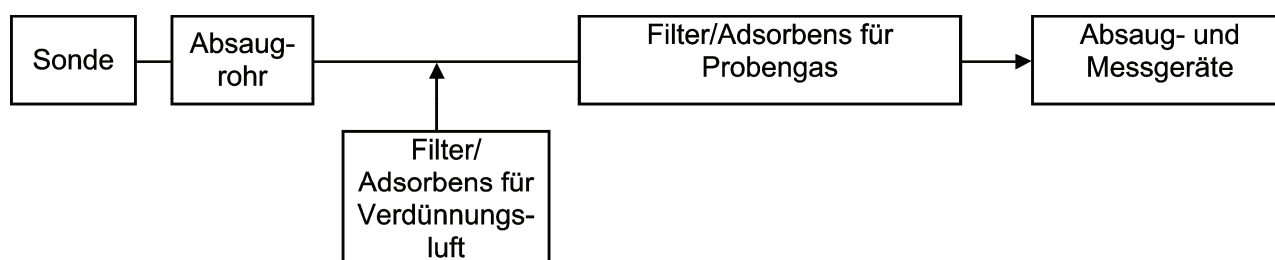


Bild 2 — Schematische Darstellung der Verdünnungsmethode

Das Probengas wird durch ein geheiztes Absaugrohr gezogen. Das Abgas wird in einem Mischrohr sehr schnell auf unter 40 °C gekühlt, indem getrocknete, filtrierte und wenn nötig gekühlte Luft beigemischt wird. Eine höhere Temperatur kann genutzt werden, sofern nachgewiesen wird, dass die erzielten Ergebnisse äquivalent sind. Die Verdünnung verhindert, dass die relative Feuchte des Probengases auf 100 % steigt.

Nach dem Verdünnungsschritt wird ein Filter verwendet, um die partikelgebundenen PCDD/PCDF, die sich in dem verdünnten Abgasstrom befinden, zu sammeln. Zur Abscheidung der gasförmigen PCDD/PCDF wird ein Feststoffadsorbens nachgeschaltet.

5.1.4 Gekühltes-Absaugrohr-Methode

Das Prinzip des Verfahrens ist in Bild 3 wiedergegeben.

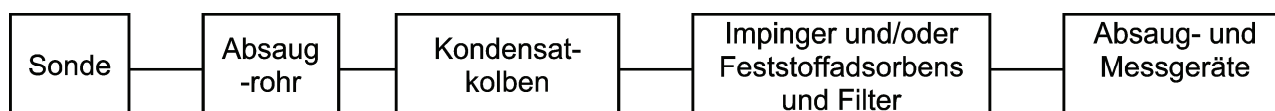


Bild 3 — Schematische Darstellung der Gekühltes-Absaugrohr-Methode

2) Zur Vermeidung von chemischen Reaktionen auf aktivierten Oberflächen ist die Temperaturbegrenzung von 125 °C erforderlich.

Es existieren unterschiedliche Systeme dieser Variante (siehe Bilder B.9 und B.11). Das Probengas durchströmt die Sonde und das wassergekühlte Absaugrohr, in dem es auf unter 20 °C gekühlt wird. Eine höhere Temperatur kann genutzt werden, sofern nachgewiesen wird, dass die erzielten Ergebnisse äquivalent sind.

Das Kondensat wird in einem Kondensatkolben gesammelt. Dahinter sind Impinger und/oder Feststoffadsorbereinheiten geschaltet, um die gasförmigen PCDD/PCDF zu sammeln. Vor dem letzten Impinger oder Feststoffadsorbens befindet sich ein Filter, um kleine Partikel abzuscheiden und Aerosole zu brechen.

5.2 Extraktion und Reinigung

Die Extraktion ist notwendig, um die PCDD/PCDF aus dem Probengut zu isolieren und in einem geeigneten Lösemittelvolumen zu sammeln. Die Extraktionsverfahren basieren üblicherweise auf der Extraktion der Filter und der Adsorbenzien nach Soxhlet und der Flüssigextraktion der Kondensate. Die Probenreinigung wird üblicherweise mithilfe von Mehrsäulenchromatographietechniken durchgeführt, wobei verschiedene Adsorbenzien benutzt werden. Der Hauptgrund für die Reinigung der Rohextrakte ist die Entfernung der Probenmatrixkomponenten, die das Trennverfahren überlasten, die Quantifizierung stören oder anderweitig die Leistung des Identifizierungs- und Quantifizierungsverfahrens nachteilig beeinflussen können. Im Prinzip kann jedes Reinigungsverfahren angewandt werden, mit der die zu analysierenden Verbindungen in ausreichenden Mengen wiedergefunden werden. Darüber hinaus sollte der Probenendextrakt die Leistung des analytischen Systems oder des Quantifizierungsschrittes nicht nachteilig beeinflussen. Die Verfahren sind gründlich zu prüfen und müssen, bevor sie angewandt werden, eine Reihe von Validierungskriterien erfüllen. Zusätzlich muss die Überprüfung der Verfahrensleistung für jede einzelne Probe Teil des validierten Qualitätssicherungsprotokolls sein.

In EN 1948-2 sind die für die Extraktion und Reinigung einzuhaltenden Anforderungen sowie Ausführungsbeispiele beschrieben. Ausführungsbeispiele sind in EN 1948-2:2006, Anhang A aufgeführt.

5.3 Identifizierung und Quantifizierung

Diese Europäische Norm legt die Verwendung der hochauflösenden Gaschromatographie/hochauflösenden Massenspektrometrie (HRGC/HRMS) zur Trennung und zum Nachweis in Kombination mit dem Isotopenverdünnungsverfahren der Proben bei unterschiedlichen Stufen zur Quantifizierung der PCDD/PCDF in Emissionsproben zugrunde. Zurzeit ist diese Technik die einzige analytische Technik, die ausreichende Empfindlichkeit, Selektivität und Spezifität zur Bestimmung sehr kleiner PCDD/PCDF-Mengen in Emissionsproben sicherstellt. Die gaschromatographischen Parameter liefern die Informationen zur Identifizierung von Isomeren (Position der Chlorsubstituenten), wohingegen die massenspektrometrischen Parameter die Differenzierung zwischen den Kongeneren mit unterschiedlicher Anzahl an Chlor-Substituenten und den Substanzklassen Dibenzodioxine und -furane ermöglichen.

In EN 1948-3 sind die für die Identifizierung und Quantifizierung einzuhaltenden Anforderungen sowie Ausführungsbeispiele beschrieben. Ausführungsbeispiele sind in EN 1948-3:2006, Anhang A aufgeführt.

6 Probenahmegeräte und Materialien

6.1 Allgemeine Probenahmegeräte

Anhang B enthält ausführliche Beschreibungen von Ausführungsbeispielen der Probenahmegeräte, die die Mindestanforderungen erfüllen können. Dies hängt jedoch von den experimentellen Bedingungen ab, und jeder Anwender muss nach wie vor belegen, dass die Mindestanforderungen der Probenahme während der Probenahme eingehalten werden.

6.1.1 Allgemeines

Die Anforderungen an die Probenahmegeräte folgen EN 13284-1.

6.1.2 Probenahmeeinrichtung

Alle Teile der Einrichtung, die in Kontakt mit dem Abgas gelangen: Sonde, Absaugrohr, Glasrohre, Filterhalter, Filtergehäuse, Kühler, Gaswaschflaschen, Feststoffadsorberkartusche usw.

6.1.3 Pitot-Rohr mit Differenzdruckanzeiger (alternativ ein Mikromanometer)

zur Messung des statischen und dynamischen Druckes im Abgaskanal (zur Berechnung der Gasflussschwindigkeit).

6.1.4 Feuchte-Messeinrichtung

zur Bestimmung der Feuchte im Abgas in Übereinstimmung mit EN 14790.

6.1.5 Mikromanometer

zur Bestimmung des Unterdruckes im Abgaskanal.

6.1.6 Sauerstoff-Messsystem

zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in Übereinstimmung mit EN 14789.

ANMERKUNG Falls die Sauerstoffkonzentration 19 % überschreitet, ist die Unsicherheit des Sauerstoffbezogenen Messergebnisses größer als in EN 1948-3:2006, Abschnitt 14 Verfahrenskenngrößen angegeben.

6.1.7 Spritze oder Mikropipette

zur Zugabe der Lösung mit $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten Standards (Probenahmestandards).

6.1.8 Volumenmessgerät

zur Bestimmung des Probengasvolumens; die Genauigkeit des Volumenmessgerätes muss $\pm 2 \%$ betragen.

6.1.9 Strömungsmessgerät

zur Messung des Volumenstroms, um die isokinetischen Bedingungen aufrechtzuerhalten.

6.1.10 Barometer

zur Bestimmung des Drucks, die absolute Messunsicherheit muss $\pm 1 \%$ betragen [EN 13284-1].

6.1.11 Thermometer

zur Bestimmung der Temperatur, die absolute Messunsicherheit muss $\pm 1 \%$ betragen, Temperatur in Kelvin [EN 13284-1].

6.2 Materialien

6.2.1 Allgemeines

Zur genauen Beschreibung der Adsorber und Filter sowie deren Reinigung, siehe Anhang C und EN 1948-2:2006, Anhang A. Die Reagenzien müssen hochrein sein und die Kriterien der Blindwertanalyse erfüllen, um eine geringe PCDD/PCDF-Hintergrundkonzentration sicherzustellen.

6.2.2 Probenahmeeinrichtung

Alle Teile der Probenahmeeinrichtung, die in Kontakt mit dem Abgas, das die Probe darstellt, gelangen, einschließlich der letzten Adsorberstufe, müssen aus Glas, Quarz oder Titan hergestellt sein.

6.2.3 Dichtungen (in Kontakt mit dem Abgas)

hergestellt aus PTFE.

6.2.4 Filter

hergestellt aus Quarz- oder Glasfaser, die die Anforderungen erfüllen (siehe Abschnitt 7).

6.2.5 Quarzwatte (falls eingesetzt)

kann als Vorfilter bei hohen Staubkonzentrationen eingesetzt werden.

6.2.6 Feststoffadsorbens

XAD-2³⁾, Polyurethan-Schaum (PU-Schaum) oder andere Adsorbentien (z. B. Poropak PS³⁾), die die Anforderungen (siehe Abschnitt 7) erfüllen. Beispiele zur Materialausführung, siehe EN 1948-2:2006, Anhang A.

6.2.7 Kühlflüssigkeit

zur Kühlung des Kühlers oder des gekühlten Absaugrohres.

6.2.8 Eisbad (falls eingesetzt)

zur Kühlung der Impinger und Kondensatkolben.

6.2.9 Kieselgel

für den Trockenturm.

6.2.10 Reagenzien

Aceton;
Methylalkohol (Methanol);
Toluen;
Methylenchlorid (Dichlormethan);
2-Methoxyethanol, 2-Ethoxyethanol oder 2,2'-Oxydiethanol (Diethylenglycol);
destilliertes Wasser.

6.3 Reinigung der Probenahmegeräte

Die Reinigung muss geeignet sein, um die Blindwertanforderungen zu erfüllen. Im Anhang B und in EN 1948-2:2006, Anhang A werden mehrere Verfahren zur Reinigung der Probenahmegeräte beschrieben, die in Kontakt mit dem Abgas kommen werden oder gekommen sind.

3) XAD-2 und Poropak PS sind Beispiele für geeignete handelsübliche Produkte. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieser Europäischen Norm und bedeutet keine Anerkennung dieser genannten Produkte durch CEN.