E DIN EN 1948-5:2026-06 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2026-05-15

Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxinähnlichen PCB - Teil 5: Langzeitprobenahme von PCDD/PCDF/PCB; Deutsche und Englische Fassung prEN 1948-5:2026

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs - Part 5: Long-term sampling of PCDDs/PCDFs/PCBs; German and English version prEN 1948-5:2026

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... 10

Einleitung ... 11

1 Anwendungsbereich ... 13

2 Normative Verweisungen ... 13

3 Begriffe ... 14

4 Symbole und Abkürzungen ... 17
4.1 Allgemeines ... 17
4.2 Polychlorierte Biphenyle, polychlorierte Dibenzodioxine und polychlorierte Dibenzofurane ... 18

5 Prinzip der PCDD/PCDF/PCBLangzeitprobenahme ... 18
5.1 Allgemeines ... 18
5.2 Langzeitprobenahme, die auf dem Filter/Kühler-Verfahren basiert ... 19
5.3 Langzeitprobenahme, die auf dem Verdünnungsverfahren basiert ... 20
5.4 Langzeitprobenahme, die auf dem Gekühltes-Absaugrohr-Verfahren basiert ... 20

6 Probenahmegeräte und Materialien ... 21
6.1 Probenahmegeräte ... 21
6.1.1 Allgemeines ... 21
6.1.2 Bestandteile der Probenahmeapparatur ... 21
6.1.3 Automatische Steuereinrichtung ... 21
6.1.4 Geräte zur Messung der Gasparameter ... 22
6.2 Materialien ... 22

7 Mindestanforderungen an Langzeit-Probenahmeverfahren für PCDD/PCDF/PCB ... 22
7.1 Zertifizierung des Langzeit-Probenahmesystems ... 22
7.2 Validierung der Installation: korrekte Funktionsweise an jeder Anlage, (vom Anlagenbetreiber sicherzustellen) ... 25
7.2.1 Langzeit-Probenahmesysteme für PCDD/PCDF/PCB unter Verwendung von im Labor vorbereiteten Probenahmeeinheiten ... 25
7.2.2 Mindestanforderungen an den Aufbau ... 25
7.2.3 Mindestanforderungen an die Auswahl des Probenahmepunkts ... 26
7.2.4 Mindestanforderungen an die Probenahme ... 26
7.3 Mindestanforderungen an den laufenden Betrieb jeder Anlage, die in regelmäßigen Zeitabständen vom Anlagenbetreiber zu erfüllen sind ... 31
7.3.1 Regelmäßige Überprüfung ... 31
7.3.2 Reinigung der der Probennahmeeinheit vorgeschalteten Bestandteile ... 31
7.3.3 Wartung ... 31

8 Qualitätssicherung ... 33
8.1 Allgemeines ... 33

8.2 Qualitätssicherung in Bezug auf die Probenahmeeinheit ... 33
8.2.1 Dichtheitsprüfung ... 33
8.2.2 Feldblindversuch ... 33
8.3 Qualitätssicherung in Bezug auf das Probenahmevolumen ... 34
8.3.1 Anfängliche Qualitätssicherung ... 34
8.3.2 Laufende Qualitätssicherung vor Ort ... 34
8.4 Qualitätssicherung in Bezug auf die isokinetische Probenahme ... 34
8.5 Qualitätssicherung in Bezug auf die Abgasbedingungen (O_2, Temperatur, Druck, Feuchte) ... 35

9 Analysenverfahren ... 35
9.1 Allgemeines ... 35
9.2 Extraktion der Probe ... 36
9.3 Reinigung (Clean up) und Aufteilung des Probenextrakts ... 36
9.4 Identifizierung und Quantifizierung ... 38
9.5 Berechnung der Wiederfindungsraten der Extraktionsstandards ... 39
9.6 Berechnung der Ergebnisse ... 39

10 Schätzung der Unsicherheit des Verfahrens ... 40
10.1 Allgemeines ... 40
10.2 Bestandteile, die für die Unsicherheitsbestimmungen erforderlich sind ... 40
10.2.1 Modellgleichung und Parameter ... 40
10.2.2 Erweiterte Unsicherheit ... 43

11 Bericht ... 43
11.1 Probenahme-, Analysen- und Feldblindwertbericht ... 43
11.2 Halbstündliche Aufzeichnung ... 45
11.3 Aufzeichnung der Unterbrechungen ... 46

Anhang A (normativ) Übersicht der Mindestanforderungen ... 47

Anhang B (normativ) Reinigungsverfahren ... 49

Anhang C (normativ) Mindestanforderungen und Prüfprozedur für die Zertifizierung ... 52
C.1 Allgemeiner Zusammenhang mit anderen Normen ... 52
C.2 Allgemeine Anforderungen ... 52
C.2.1 Anwendung der Mindestanforderungen ... 52
C.2.2 Zertifizierungsbereiche ... 52
C.3 Mindestanforderungen an alle PCDD/PCDF/PCB-Langzeit-Probenahmesysteme für die Laborprüfung ... 52
C.3.1 Mindestanforderungen an die automatische isokinetische Steuerung ... 52
C.3.2 Anforderungen von EN 152673 ... 52
C.4 Mindestanforderungen an alle PCDD/PCDF/PCB-Langzeit-Probenahmesysteme für die Feldprüfung ... 53
C.4.1 Mindestanforderungen an die automatische isokinetische Steuerung ... 53
C.4.2 Fall der Langzeitprobenahme ... 53
C.4.3 Statusinformationen ... 53
C.4.4 Verfügbarkeit ... 53
C.4.5 Vergleichpräzision ... 53
C.4.6 Automatische Nachjustiereinheit ... 54
C.4.7 Verlust der zu bestimmenden PCDD/PCDF/PCB in der Probenahmeleitung ... 54
C.4.8 Anzahl der zu bestimmenden Werte ... 54
C.4.9 Kennzeichnung ... 54
C.4.10 Lagerfähigkeit ... 54
C.4.11 Blindwert ... 54
C.4.12 Zusammenhang mit den Anlagenbedingungen ... 54
C.4.13 Isokinetische Probenahme ... 55
C.4.14 Wesentliche Kenndaten ... 55
C.5 Berichterstattung über die Zertifikate für das Langzeit-Probenahmesystem ... 55

Anhang D (informativ) Beispiele für Geräte und Betrieb von Langzeit-Probenahmesystemen ... 57

D.1 Filter/Kühler-Verfahren ... 57
D.1.1 Zusammenfassung der konstruktiven Ausführung der Apparatur ... 57
D.1.2 Position der Dotierung ... 58
D.1.3 Zusammenbauverfahren ... 58
D.1.4 Verfahren für Dichtheitsprüfung ... 58
D.1.5 Probenahme ... 59
D.1.6 Prüfung des Gasflusses ... 59
D.1.7 Automatische Funktionen des Langzeit-Probenahmesystems ... 59
D.2 Verdünnungsverfahren ... 59
D.2.1 Zusammenfassung der konstruktiven Ausführung der Apparatur ... 59
D.2.2 Position der Dotierung ... 61
D.2.3 Montageverfahren ... 61
D.2.4 Verfahren für Dichtheitsprüfung ... 62
D.2.5 Probenahme ... 62
D.2.6 Regelung des Probengasstroms ... 62
D.2.7 Automatische Funktionen bei der Langzeitprobenahme ... 63
D.3 Gekühltes-Absaugrohr-Verfahren ... 63
D.3.1 Zusammenfassung der konstruktiven Ausführung der Apparatur ... 63
D.3.2 Position der Dotierung ... 65
D.3.3 Durchführung des Verfahrens ... 66
D.3.4 Verfahren für die Dichtheitsprüfung ... 66
D.3.5 Probenahme ... 66
D.3.6 Regelung des isokinetischen Volumenstroms ... 66
D.3.7 Automatische Funktionen des Langzeit-Probenahmesystems ... 66

Anhang E (informativ) Grundlagen der isokinetischen Probenahme ... 68
E.1 Allgemeines ... 68
E.2 Fehler (ε) bei nicht-isokinetischer Probenahme abhängig vom Partikel Durchmesser ... 69
E.3 Einfluss der Langzeitprobenahme auf das Erreichen der isokinetischen Probenahme ... 69
E.4 Verfahren ... 70
E.5 Parameter, die die Messung der Gasgeschwindigkeit beeinflussen und eine regelmäßige Kalibrierung und Überprüfung des Geräts erfordern ... 72
E.5.1 Pitot-Konstante α ... 72
E.5.2 Differenzdruck Δp ... 72
E.5.3 Abgastemperatur T_c und statischer Druck p_s ... 73
E.5.4 Weitere Parameter ... 73

Anhang F (informativ) Beispiel für eine Bestimmung des repräsentativen Probenahmepunkts ... 75

Anhang G (informativ) Schätzung der Unsicherheit der mit einem Langzeit-Probenahmesystem gemessenen PCDD/PCDF-Konzentrationen ... 78
G.1 Allgemeines ... 78
G.2 Analyse des Messprozesses und mathematische Modellierung ... 78
G.2.1 Gleichungen zur Berechnung der Konzentration jedes der PCDD/PCDF-Kongenere ... 78
G.2.2 Bestimmung des mit einem Volumenmessgerät entnommenen Probengasvolumens ... 79
G.2.3 Fehlerquellen ... 80
G.3 Anwendung des Unsicherheitsfortpflanzungsgesetzes ... 81
G.3.1 PCDD/PCDFGesamtkonzentration ... 81
G.3.2 Bestimmung des mit einem Volumenmessgerät entnommenen Gasvolumens ... 81
G.4 Berechnung von Typunsicherheiten ... 82
G.4.1 Berechnung der Konzentration jedes der betrachteten PCDD/PCDFKongenere ... 82
G.4.2 PCDD/PCDFGesamtkonzentration ... 82
G.4.3 Bestimmung des mit einem Volumenmessgerät entnommenen Gasvolumens ... 83
G.5 Berechnung der erweiterten Unsicherheit ... 85
G.6 Beispiel für digitale Anwendung: Messung der Dioxin/Furan-Konzentration ... 85
G.6.1 Spezifische Bedingungen vor Ort ... 85
G.6.2 Leistungskenngrößen des Verfahrens ... 87
G.6.3 Berechnung der Konzentration ... 88
G.6.4 Berechnung der Standardunsicherheiten ... 89

G.6.5 Berechnungsbeispiel der erweiterten Unsicherheit, die mit Konzentration verknüpft ist..... 90

Anhang H (informativ) Beispiel für die Berechnung von Messergebnissen bei Normbedingungen 91
H.1 Allgemeines..... 91
H.2 Volumenstrom des trockenen Gases bei Normbedingungen..... 91

Anhang I (normativ) Anpassung der maximalen Abweichung in Bezug auf die PCDD/PCDF/PCBKonzentration..... 93

Anhang J (informativ) Validierungsergebnisse 95
J.1 Voraussetzung und Annahmen..... 95
J.2 Ergebnisse 96
J.3 Zusammenfassung 97

Anhang K (informativ) Wesentliche Änderungen zwischen diesem Dokument prEN 1948-5:2026 and der vorherigen Ausgabe CEN/TS 1948-5:2015 bei der Überführung der TS in EN..... 98

Literaturhinweise..... 102

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung des Langzeit-Probenahmesystems, das auf dem Filter/Kühler-Verfahren basiert 20

Bild 2 — Schematische Darstellung des Langzeit-Probenahmesystems, das auf dem Verdünnungsverfahren basiert 20

Bild 3 — Schematische Darstellung des Langzeit-Probenahmesystems, das auf dem Gekühltes-Absaugrohr-Verfahren basiert..... 20

Bild D.1 — Schematische Darstellung von Dioxin Emission Control System® (Filter/Kühler-Verfahren)..... 58

Bild D.2 — Schematische Darstellung von DioxinMonitoringSystem® (Verdünnungsverfahren)..... 60

Bild D.3 — Probenahmeeinheit von DioxinMonitoringSystem® / GT90 Dioxin+® 61

Bild D.4 — Schematische Darstellung des AMESA® D Systems® (Gekühltes-Absaugrohr-Verfahren)..... 64

Bild E.1 — Auswirkung von unter-isokinetischen und über-isokinetischen Probenahmebedingungen auf große und kleine Partikel im Vergleich zu isokinetischen Probenahmebedingungen 68

Bild E.2 — Abhängigkeit des Probenahmefehlers (ε) aufgrund der nicht-isokinetischen Probenahme vom Partikeldurchmesser..... 69

Bild E.3 — Schematisches Beispiel einer isokinetischen Probenahme..... 73

Bild I.1 — Grafische Darstellung der maximalen Abweichung in Abhängigkeit von der Konzentration..... 94

Bild J.1 — Vergleich von Probenpaaren (ID) in Abhängigkeit von ihrer Überlappung (O) und Nichtüberlappung (N), unter Verwendung einer kombinierten Unsicherheit von 35 %. Schwarz: Langzeitprobenahme, grau: Kurzzeitprobenahme..... 96

Bild J.2 — Relative Genauigkeit rA (in %) für Gesamt-I-TEQ und für jedes Kongener..... 97

Tabellen

Tabelle 1 — Übersicht über allgemeine Anforderungen an konstruktive Ausführung und Leistungsfähigkeit 32

Tabelle 2 — Parameter für die Qualitätssicherung in Bezug auf die Abgasbedingungen 35

Tabelle 3 — $^{13}C_{12}$-markierte 2,3,7,8-chlorsubstituierte PCDD/PCDF-Kongenere, die der Probe in verschiedenen Stufen des Langzeit-Probenahmeverfahrens hinzuzufügen sind Beispiel für eine Konzentration von 0,05 ng I-TEQ/m³ unter Annahme eines Probenahmevolumens von 250 m³ 37

Tabelle 4 — $^{13}C_{12}$-markierte PCB-Kongenere, die der Probe in verschiedenen Stufen des Langzeit-Probenahmeverfahrens hinzuzufügen sind Beispiel für eine Konzentration von 0,005 ng WHO-TEQ_{PCB}/m³ unter Annahme eines Probenahmevolumens von 250 m³ 38

Tabelle 5 — Für das Berechnen der Unsicherheiten identifizierte Parameter 41

Tabelle A.1 — Übersicht zu Mindestanforderungen 47

Tabelle E.1 — Ansauggeschwindigkeiten bei Veränderung der Sondendurchmesser und die isokinetische Steuerung entsprechend dem gewählten Sondendurchmesser 70

Tabelle F.1 — Beispielefür den Flächenbedarf von Messbühnen 75

Tabelle F.2 — Beispiel zum Auffinden des günstigsten Probenahmepunkts für dauerhaft installierte Langzeitmesssysteme 76

Tabelle F.3 — Berechnung für den günstigsten Probenahmepunkt 77

Tabelle G.1 — Schätzung der Standardabweichung 84

Tabelle G.2 — Messbedingungen 86

Tabelle G.3 — Temperatur an der Gasuhr 86

Tabelle G.4 — Relativer Druck und absoluter Druck an der Gasuhr 86

Tabelle G.5 — Analysenergebnisse 86

Tabelle G.6 — Leistungskenngrößen des Verfahrens 87

Tabelle G.7 — Konzentrationen der einzelnen Kongenere und die Gesamtkonzentration bei Standardbedingungen von Temperatur und Druck, trockenes Abgas 88

Tabelle G.8 — Berechnung der Standardunsicherheiten $u(V_d)$, $u(T_d)$, $u(P_{atm})$, $u(P_{rel})$ 89

Tabelle I.1 — Maximale Abweichung der Ergebnisse des Langzeit-Probenahmesystems in Abhängigkeit von der mit dem Kurzeitprobenahmeverfahren ermittelten absoluten Konzentration 93

Tabelle K.1 — Einzelheiten der wesentlichen Änderungen zwischen diesem Dokument prEN 1948-5:2026 und der vorherigen Ausgabe CEN/TS 1948-5:2015 bei der Überführungg von TS in EN 98