DIN EN 16976:2024-09 (D)

Außenluft - Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration des atmosphärischen Aerosols; Deutsche Fassung EN 16976:2024

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 9

Einleitung 11

1 Anwendungsbereich 12

2 Normative Verweisungen 12

3 Begriffe 12
3.1 Aerosoleigenschaften 12
3.2 Geräteleistung 13
3.3 Volumenströme 13

4 Atmosphärisches Aerosol 14

5 Beschreibung des Verfahrens 14
5.1 Probenahme und Konditionierung 14
5.1.1 Probenahme 14
5.1.2 Trocknung 16
5.1.3 Verdünnung 16
5.2 Bestimmung der Anzahlkonzentration mit einem CPC 17
5.2.1 Kondensationswachstum 17
5.2.2 Optische Detektion 19

6 CPC-Leistungskriterien und Prüfverfahren 19
6.1 Allgemeines 19
6.2 Allgemeine Anforderungen an den CPC 19
6.3 Prüfbedingungen 20
6.4 Leistungskenngrößen und Leistungskriterien 21
6.5 Prüfverfahren 22
6.5.1 Kalibrierter Volumenstrom 22
6.5.2 Messbereich der Anzahlkonzentration 22
6.5.3 Nachweisgrenze für die Anzahlkonzentration 22
6.5.4 Kalibrierfaktor 22
6.5.5 Gerätespezifische Bewertung der Linearität und Steigung der Kennlinie 22
6.5.6 Nachweisempfindlichkeitskurve bei kleiner Partikelgröße 23
6.5.7 Nachweisgrenze für die obere Partikelgröße 23
6.5.8 Nullzählrate 23
6.5.9 Einstellzeit 24
6.5.10 Abhängigkeit des Volumenstroms von der Netzspannung 24
6.5.11 Messunsicherheit der Kalibrierung von Temperatur- und Drucksensoren 24
6.5.12 Auswirkung von Fehlern der Netzspannung 24

7 Leistungskriterien und Prüfverfahren für Probenahme und Konditionierung 24
7.1 Allgemeine Anforderungen 24
7.2 Leistungskenngrößen und Leistungskriterien 25
7.3 Diffusionsverluste 25
7.4 Relative Luftfeuchte 25
7.5 Verdünnung 25
7.5.1 Verdünnungsfaktor 25
7.5.2 Allgemeine Kriterien für Verdünnungssysteme 26
7.6 Primärer Probenahmevolumenstrom 26

8 Ablauf der Messung ... 27
8.1 Messplanung ... 27
8.2 Umgebungsbedingungen ... 27
8.3 Erstinstallation ... 27
8.4 Erstprüfungen vor Ort ... 27
8.5 Datenverarbeitung und Berichterstattung ... 28

9 Qualitätslenkung, Qualitätssicherung und Messunsicherheit ... 28
9.1 Allgemeines ... 28
9.2 Häufigkeit der Kalibrierungen, Überprüfungen und Wartungsmaßnahmen ... 28
9.2.1 Allgemeines ... 28
9.2.2 Vollständige Wartung des CPC ... 29
9.2.3 Kalibrierung der Linearität ... 29
9.2.4 Überprüfung der Nullzählrate ... 30
9.2.5 Überprüfung der Anzahlkonzentration ... 30
9.2.6 Überprüfung des tatsächlichen Volumenstroms ... 30
9.2.7 Kalibrierung der Temperatur- und Drucksensoren ... 30
9.2.8 Interne Diagnostik des CPC ... 30
9.2.9 Wartung des Probenahmesystems ... 30
9.2.10 Sensor für relative Luftfeuchte ... 31
9.2.11 Verdünnungsfaktor (falls angewendet) ... 31
9.2.12 Dichtigkeitsprüfung ... 31
9.3 Messunsicherheit ... 31
9.3.1 Allgemeines ... 31
9.3.2 Nachweisempfindlichkeit am CPC-Plateau ... 32
9.3.3 Drift der CPC-Nachweisempfindlichkeit ... 32
9.3.4 Volumenstrommessung ... 32
9.3.5 Korrektur auf Normtemperatur und Normdruck ... 32
9.3.6 Diffusionsverluste im Probenahmesystem ... 33
9.3.7 Verdünnungsfaktor (sofern gegeben) ... 33
9.3.8 Berechnung der Gesamtunsicherheit ... 33

Anhang A (normativ) Ermittlung der Diffusionsverluste in Probenahmeleitungen ... 34

Anhang B (informativ) Beispiel für die Berechnung der Diffusionsverluste in einem Probenahmesystem ... 37
B.1 Beschreibung des Probenahmesystems ... 37
B.2 Lufteigenschaften und Diffusionskoeffizient ... 38
B.3 Verluste in der primären Probenahmeleitung ... 38
B.4 Verluste in der sekundären Probenahmeleitung und im Trockner ... 39
B.5 Gesamtverluste bei der Probenahme ... 39

Anhang C (informativ) Berechnung der Unsicherheit (Beispiel) ... 41
C.1 Allgemeines ... 41
C.2 CPC-Nachweisempfindlichkeit am Plateau ... 41
C.3 Drift der CPC-Nachweisempfindlichkeit ... 41
C.4 Volumenstrommessung ... 41
C.5 Korrektur auf Normtemperatur und Normdruck ... 41
C.6 Probenahmeverluste aufgrund der Diffusion zu den Wänden ... 42
C.7 Verdünnungsfaktor (falls gegeben) ... 42
C.8 Berechnung der Gesamtunsicherheit ... 42

Anhang D (informativ) Atmosphärische Aerosole ... 43
D.1 Allgemeines ... 43
D.2 Beispiele für Messungen ... 43

Anhang E (informativ) Verdünnungssysteme ... 45
E.1 Hintergrund ... 45
E.2 Funktionsweisen von Verdünnungssystemen ... 45
E.2.1 Allgemeines ... 45
E.2.2 Verdünnungssystem mit Nebenstromfilter ... 45

E.2.3 Verdünnungssysteme mit externer Reinluftversorgung ... 46
E.3 Beispiel eines Verdünnungssystems zur Trocknung des Primärvolumenstroms ... 47
E.4 Betriebsparameter eines Verdünnungssystems ... 48
E.5 Beispiel zur Berechnung der Unsicherheit des Verdünnungsfaktors ... 51
Anhang F (informativ) Laminare Strömung ... 53
Anhang G (informativ) Koinzidenzkorrektur ... 54
Anhang H (informativ) Ergebnisses des experimentellen Vergleichs verschiedener CPCs ... 56
Literaturhinweise ... 61

Bilder

Bild 1 — Grundkonzept des Aerosoleinlasses ... 15
Bild 2 — Prinzip eines CPC mit kontinuierlichem Volumenstrom (vgl. ISO 27891:2015) ... 19
Bild B.1 — Modell eines CPC-Probenahmesystems ... 38
Bild D.1 — Ländliches Gebiet mit Partikelneubildungsereignis ... 44
Bild D.2 — Verkehrsbezogene Messungen ... 44
Bild E.1 — Schematische Darstellung einer Verdünnungsschleife ... 46
Bild E.2 — Schematische Darstellung eines Verdünnungssystems mit externer Reinluftversorgung ... 47
Bild E.3 — Beispiel eines Verdünnungssystems zur Aerosoltrocknung ... 48
Bild E.4 — Verdünnungsfaktor als Funktion der Aerosoltaupunkttemperatur ... 51
Bild G.1 — Gemessene Anzahlkonzentration mit Koinzidenzfehler ... 55
Bild H.1 — Vergleich der FCAEs ... 57
Bild H.2 — Auswirkung der Korrekturverfahren ... 57
Bild H.3 — Partikelanzahlkonzentrationssignale aller CPCs ... 58
Bild H.4 — Kurven der Nachweisempfindlichkeit vor und nach Koinzidenzkorrektur (links: Impulsausgang; rechts: koinzidenzkorrigiert) ... 59
Bild H.5 — Kurven der Nachweisempfindlichkeit nach Anwendung des Kalibrierfaktors ... 60

Tabellen

Tabelle 1 — Leistungskriterien eines CPC ... 21
Tabelle 2 — Leistungskriterien für die Probenahmeeinrichtung ... 25
Tabelle 3 — Erstprüfungen vor Ort ... 27
Tabelle 4 — Kalibrierung, Überprüfungen, Wartung und deren Häufigkeit ... 29

Tabelle 5 — Unsicherheitskomponenten und deren Ermittlung 31

Tabelle B.1 — Penetration und Verluste in der sekundären Probenahmeleitung für verschiedene CPC-Volumenströme 39

Tabelle B.2 — Gesamtpenetration und Verluste für verschiedene CPC-Volumenströme 40

Tabelle C.1 — Drift der Nachweisempfindlichkeit 41

Tabelle C.2 — Unsicherheitskomponenten 42

Tabelle E.1 — Sättigungsdampfdruck und absolute Feuchte als Funktion der Temperatur 49

Tabelle E.2 — Unsicherheitsberechnung nach ISO/IEC Guide 98-3:2008 für den Verdünnungsfaktor 52