

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) Ergebnisse 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