

# 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 Probenahmestrom.....	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

<b>Tabelle 5 — Unsicherheitskomponenten und deren Ermittlung.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabelle B.1 — Penetration und Verluste in der sekundären Probenahmeleitung für verschiedene CPC-Volumenströme .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabelle B.2 — Gesamtpenetration und Verluste für verschiedene CPC-Volumenströme.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabelle C.1 — Drift der Nachweisempfindlichkeit.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabelle C.2 — Unsicherheitskomponenten .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabelle E.1 — Sättigungsdampfdruck und absolute Feuchte als Funktion der Temperatur .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabelle E.2 — Unsicherheitsberechnung nach ISO/IEC Guide 98-3:2008 für den Verdünnungsfaktor.....</b>	<b>52</b>