

Ambient air – Determination of the particle number concentration and particle size distribution of aerosols – Condensation Particle Counter (CPC)

Einsprüche bis 2022-01-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal <http://www.vdi.de/3867-2>
- in Papierform an
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft
Fachbereich Umweltmesstechnik
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweise	2
3 Begriffe	3
4 Grundlage des Verfahrens	3
4.1 Allgemeines	3
4.2 Kondensation	3
4.3 Streulichtmessung	3
5 Funktionsweise	4
6 Verfahrensmerkmale	4
6.1 Dampfsubstanz	4
6.2 Erzeugung der Übersättigung	4
6.3 Lichtquelle und optische Anordnung	6
6.4 Messvolumen	6
6.5 Konzentrationsermittlung	8
7 Gerätekenngößen	8
8 Messtechnische Anforderungen	10
9 Funktionsprüfung	10
9.1 Überprüfung der Volumenströme	10
9.2 Überprüfung der internen Temperatur- und Drucksensoren	10
9.3 Überprüfung der Fehlzählrate	10
9.4 Überprüfung der Anzahlkonzentrationsermittlung	10
9.5 Überprüfung der internen Fehlermeldungen	10
10 Kalibrierung	10
10.1 Allgemeines	10
10.2 Steigung und Linearität der Kennlinie	11
10.3 Zählwirkungsgrad an der unteren Nachweisgrenze	11
10.4 Kennlinie im fotometrischen Modus	11

Inhalt	Seite
11 Messplanung	11
12 Vorbereitung und Durchführung der Messung	11
13 Datendokumentation	11
14 Störeinflüsse und Fehlerquellen	12
15 Ermittlung der Messunsicherheit	13
15.1 Allgemeines	13
15.2 Zählwirkungsgrad im horizontalen Bereich der Zählwirkungsgradkurve	13
15.3 Volumenstrommessung	13
15.4 Temperaturmessung	13
15.5 Druckmessung	13
15.6 Berechnung der Gesamtunsicherheit	13
15.7 Beispiel	14
16 Wartung	14
16.1 Allgemeines	14
16.2 Regelmäßige Wartungsarbeiten	14
16.3 Präventive Wartungsarbeiten	15
Anhang Ausführungsbeispiele	16
A1 Allgemeines	16
A2 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Alkohol als Dampfsubstanz	16
A3 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Alkohol als Dampfsubstanz, Injektion in die Kondensationsstrecke	18
A4 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Wasser als Dampfsubstanz	20
A5 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Wasser oder Alkohol als Dampfsubstanz	22
A6 Prinzip – Turbulente Mischung	23
A7 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Alkohol als Dampfsubstanz, Verwendung einer Vorkondensationsstufe	26
Schrifttum	28

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltmesstechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere das des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechtes und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Die Bedeutung von Aerosolpartikeln mit Durchmessern $D < 1 \mu\text{m}$ für die menschliche Gesundheit, aber auch für klimatische Effekte, wird mehr und mehr erkannt. Zur Beschreibung der Luftqualität erscheint es erforderlich, die ermittelten Massenkonzentrationen wie PM_{10} oder $\text{PM}_{2,5}$ um eine Messung der Partikelanzahlkonzentration zu ergänzen. Da die ultrafeinen Partikel mit Durchmessern $D < 0,1 \mu\text{m}$ nur noch unwesentlich zur Masse des atmosphärischen Staubs beitragen, können sie nur mit zählenden Messverfahren und mit ausreichender Empfindlichkeit erfasst werden.

Die Richtlinienreihe VDI 3867 beschreibt Messverfahren, mit denen die Partikelanzahl oder die Anzahlgrößenverteilung von Partikeln in der Außenluft ermittelt werden kann. Diese Verfahren sind auch zur Charakterisierung von Prüfaerosolen geeignet. Das Blatt 1 der Richtlinienreihe gibt einen Überblick über die Messverfahren und erläutert deren Messprinzip. Darüber hinaus definiert es die aus der Messaufgabe resultierenden Anforderungen an diese Verfahren und ihre Kenngrößen.

In den Folgeblättern der Richtlinienreihe VDI 3867 werden einzelne Verfahren detailliert beschrieben:

Blatt 2 Kondensationspartikelzähler

Blatt 3 Elektrisches Mobilitätsspektrometer

Blatt 4 Optischer Partikelzähler

Blatt 5 Relaxationszeitspektrometer

Blatt 6 Elektrischer Niederdruckimpaktor

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3867.

Die Überarbeitung der Richtlinie VDI 3867 Blatt 2 ist notwendig geworden, um zum einen aktuelle technische Entwicklungen und zum anderen norma-

tive Anforderungen an Kondensationspartikelzähler in Bezug auf ihre Kalibrierung (ISO 27891) zu berücksichtigen.

Die ersten Kondensationspartikelzähler, die bereits im 19. Jahrhundert entwickelt wurden [1; 2] erzeugten die Übersättigung durch die Abkühlung, die bei der schnellen, adiabatischen Abkühlung eines dampfgesättigten Luftvolumens entsteht. Der Effekt ist unabhängig von der Dampfsubstanz. Der Prozess ist allerdings diskontinuierlich, weshalb er praktisch nicht mehr verwendet wird. In dieser Richtlinie werden ausschließlich kontinuierliche Verfahren beschrieben.

In DIN CEN/TS 16976 werden Mindestanforderungen für CPCs und deren Probenahme- und Konditionierungssystem festgelegt, mit denen die Einhaltung einer definierten Messunsicherheit beim Einsatz im Rahmen der Luftgüteüberwachung sichergestellt werden kann. Weiterhin werden die hierfür erforderlichen Prüfverfahren sowie die Qualitätssicherungsmaßnahmen im Feldbetrieb festgelegt.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gibt einen Überblick über die Messung der Partikelanzahlkonzentration in der Außenluft mit Kondensationspartikelzählern und beschreibt das dem Verfahren zugrunde liegende Messprinzip. Darüber hinaus definiert sie die aus der Messaufgabe resultierenden spezifischen Anforderungen an das Verfahren und seine Kenngrößen. Dieses Verfahren ist auch zur Charakterisierung von Prüfaerosolen geeignet.

Je nach Ausführungsform des Kondensationspartikelzählers sind Partikel im Größenbereich zwischen etwa $0,001 \mu\text{m}$ (1 nm) und etwa $5 \mu\text{m}$ sowie Anzahlkonzentrationen im Bereich zwischen wenigen Partikeln pro Kubikmeter und etwa 10^{13}m^{-3} (10^7cm^{-3}) messbar.

2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

ISO 27891:2015-03 Aerosol particle number concentration; Calibration of condensation particle counters (Partikelanzahlkonzentration; Kalibrierung von Kondensationspartikelzählern)

VDI 3867 Blatt 1:2009-09 Messen von Partikeln in der Außenluft; Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen; Grundlagen