

DIN 33899-1



ICS 13.040.30

**Exposition am Arbeitsplatz –
Leitfaden für die Anwendung direkt anzeigender Geräte zur
Überwachung von Aerosolen –
Teil 1: Auswahl des Monitors für besondere Anwendungsfälle**

Workplace exposure –

Guide for the use of direct-reading instruments for aerosol monitoring –

Part 1: Choice of monitor for specific applications

Exposition au poste de travail –

Guide d'utilisation des instruments à lecture directe pour la surveillance des aérosols –

Partie 1: Choix du moniteur pour des applications spécifiques

Gesamtumfang 29 Seiten

Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe	6
4 Abkürzungen	6
5 Grundsätze für direkt anzeigende Aerosolmonitorverfahren	6
5.1 Allgemeines	6
5.2 Schwingende Mikrowaage zur Massenbestimmung	7
5.3 Betastrahlen-Massenmonitore	12
5.4 Optische Verfahren zur Messung von Aerosolen	16
6 Anforderungen an direkt anzeigende Aerosolmonitore für unterschiedliche Anwendungsfälle	26
6.1 Allgemeines	26
6.2 Untersuchungen im Rahmen von Begehungen	26
6.3 Untersuchung der Prozesse und der Aerosolquellen.....	26
6.4 Einsatz mit Videoverfahren.....	26
6.5 Bewertung der Leistungsfähigkeit von Staubminderungseinrichtungen.....	27
6.6 Alarmgeber bei der Überwachung von Niveaus an Arbeitsplätzen und zur Absicherung der Wirksamkeit von Staubminderungssystemen	27
6.7 Ersatzweise Bewertung der persönlichen Exposition	27
Literaturhinweise	28

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitskreis „Staub“ (NA 095-03-01-01 AK) des Arbeitsausschusses „Messstrategien und Anforderungen an Messverfahren“ des Normenausschusses Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN erarbeitet. Der Norm liegt in modifizierter Fassung die deutsche Übersetzung des CEN Technischen Berichts CEN/TR 16013-1:2010 zu Grunde, der unter Beteiligung deutscher Experten vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) erarbeitet wurde.

Gegenüber CEN/TR 16013-1:2010 wurden insbesondere die tabellarischen Zusammenstellungen vorhandener Photometer (siehe Tabelle 8) und optischer Partikelzähler (siehe Tabelle 10) entsprechend deren Verfügbarkeit zum Veröffentlichungszeitpunkt dieser Norm aktualisiert. Außerdem wurden zu Bild 1, Bild 5 und Bild 6 Korrekturen vorgenommen sowie die sprachliche Verständlichkeit des Ursprungstextes insgesamt verbessert. Abschnitt 2 und Abschnitt 3 wurden ergänzt.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN 33899, *Exposition am Arbeitsplatz – Leitfaden für die Anwendung direkt anzeigender Geräte zur Überwachung von Aerosolen* besteht aus:

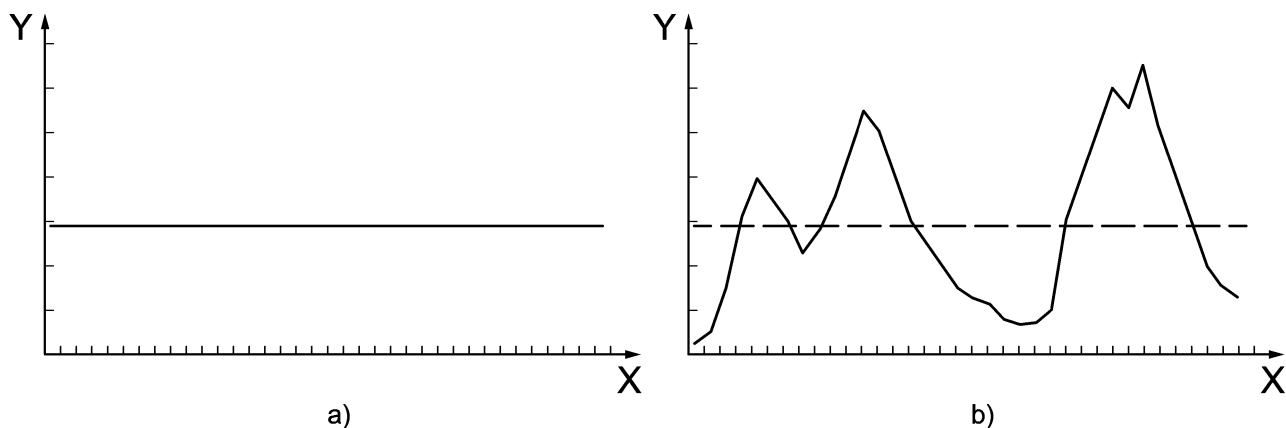
- Teil 1: Auswahl des Monitors für besondere Anwendungsfälle
- Teil 2: Ermittlung der Konzentration luftgetragener Partikel mit optischen Partikelzählern
- Teil 3: Ermittlung der Konzentration luftgetragener Partikel mit Photometern

Einleitung

Die Bewertung von Aerosolen am Arbeitsplatz kann unterschiedliche Ziele verfolgen, einschließlich:

- a) Abschätzung der mittleren Konzentration gesundheitsrelevanter Aerosolpartikel (siehe DIN EN 481) während der Dauer einer Arbeitsschicht (Arbeitsplatzatmosphäre oder persönliche Exposition mittels ortsfester oder personenbezogener Probenahme);
- b) Probenahme für die Bereitstellung einer Probe luftgetragener Partikel zur späteren Analyse (gravimetrisch, morphologisch, chemisch, physikalisch, mineralogisch usw., siehe DIN EN 482);
- c) Bestimmung annähernder Konzentrationsmomentanwerte, die durch den Gebrauch automatisierter Geräte (Photometer, Abschwächung von Betastrahlen, schwingende Mikrowaage zur Massenbestimmung) bei verschiedenen Tätigkeiten gewonnen werden;
- d) Bestimmung annähernder Momentanwerte der Konzentration und Partikelgrößenverteilungen (optische Partikelzähler (OPZ), optische Aerosolspektrometer).

Diese Norm behandelt die Aufzählpunkte c) und d), gibt die Grundlagen an und beschreibt ausführlich die allgemeinen Bedingungen, die erfüllt sein müssen. In der Arbeitshygiene schlägt kein Messverfahren die Überwachung der Exposition mittels direkt anzeigender Aerosolmonitore vor. Diese Geräte sollten jedoch dahingehend berücksichtigt werden, dass sie eine ergänzende Herangehensweise zum konventionellen filterbasierten, gravimetrischen Verfahren erlauben. Die unterschiedlichen Arten von Informationen, die erhalten werden, sind in Bild 1 ausgeführt.



Legende

- a) integrierende Filterprobenahme
- b) kontinuierliche Überwachung

Bild 1 — Informationen aus einer integrierenden Filterprobenahme gegenüber einer kontinuierlichen Überwachung

Es steht eine große Auswahl an tragbaren und personenbezogenen, direkt anzeigenden Aerosolmonitoren zur Verfügung.

Aktuelle Fortschritte in der modernen Elektronik und der Batterietechnik bedeuten, dass direkt anzeigende Aerosolmonitore kleiner und leichter werden und relativ preiswert sind. Zusätzlich zu einer verlässlichen Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten wird der Akzent jetzt auch auf die Expositionsbewertungs- und Maßnahmenstrategie (Control-Banding-Ansatz) sowie auf Ratschläge zu passenden Minderungssystemen gesetzt. Das hat zur Bestimmung neuer Funktionen geführt, die für direkt anzeigende Aerosolmonitore darin

bestehen, nachzuweisen, dass die eingesetzten Systeme zur Minderung der Exposition luftgetragener Stäube wirklich funktionieren. Einige Arten direkt anzeigender Aerosolmonitore sind geeignet für die Bewertung des Wirkungsgrades vorbeugender Maßnahmen und für die raum- und zeitaufgelöste Überwachung der Konzentration.

Alle in dieser Norm erwähnten Geräte (siehe insbesondere die Tabellen 2, 4, 6, 8 und 10) stellen Beispiele für geeignete, handelsübliche Produkte dar. Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung der Anwender dieser Norm und bedeuten keine Anerkennung dieser genannten Produkte durch das DIN.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Grundsätze fest, die der Bewertung einer oder mehrerer Aerosolfractionen zugrunde liegen, für die direkt anzeigende Aerosolmonitore eingesetzt werden.

Die Norm beschreibt für eine Reihe von Anwendungsfällen die gegenwärtig vorhandenen Verfahren zur Überwachung der Aerosolkonzentration am Arbeitsplatz. Darüber hinaus gibt die Norm, bezogen auf das Gebiet der Arbeitshygiene, Einzelheiten zu Anwendungsmöglichkeiten und -beschränkungen an.

Diese Norm gilt nicht für die Probenahme von Aerosolen zur Überwachung von Arbeitsplatzgrenzwerten sowie für die Sammlung von Aerosolpartikeln für eine nachfolgende Analyse.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 33899-2, *Exposition am Arbeitsplatz – Leitfaden für die Anwendung direkt anzeigender Geräte zur Überwachung von Aerosolen – Teil 2: Ermittlung der Konzentration luftgetragener Partikel mit optischen Partikelzählern*

DIN EN 1540, *Exposition am Arbeitsplatz — Terminologie*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1540.

4 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen:

DAM	direkt anzeigende(r) Aerosolmonitor(e) (en: DRAM, direct-reading aerosol monitor)
NG	Nachweisgrenze (en: LOD, limit of detection)
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert (en: OEL, occupational exposure limit (value))
OPZ	optischer Partikelzähler (en: OPC, optical particle counter)
PM	luftgetragene Partikel (en: particulate matter)
TEOM	schwingende Mikrowaage mit konischem Element (en: tapered element oscillating microbalance)
TSP	gesamte luftgetragene Partikel (en: total suspended particulate)

5 Grundsätze für direkt anzeigende Aerosolmonitorverfahren

5.1 Allgemeines

Es gibt viele Verfahren zur unmittelbaren Messung von Aerosolen, denen unterschiedliche physikalische Prinzipien zugrunde liegen. Die eingesetzten Geräte werden im Allgemeinen als direkt anzeigende oder kontinuierlich überwachende Messgeräte bezeichnet. Abhängig von ihrem Aufbau können sie unter bestimmten Voraussetzungen die unmittelbare Konzentration (Momentanwert) oder den Konzentrationsverlauf anzeigen und in einigen Fällen können sie sogar die Partikelgrößenverteilung messen.

Eine Momentanwertmessung hat verschiedene Vorteile:

- a) unverzügliches Kenntnis des Ergebnisses ohne Umweg über ein Labor und daher die Möglichkeit eines sofortigen Eingreifens (z. B. Anwendung eines Lüftungssystems);
- b) fortlaufende Messung, Überwachung über große Entfernungen, Konzentrationsaufzeichnungen über eine Zeitspanne, Einbeziehung und Berechnung der mittleren Konzentration für ausgewählte Zeitspannen, Bestimmung der Mindest- und Höchstwerte, Quellenlokalisierung usw.;
- c) Messung der Konzentration von Partikeln instabiler Zusammensetzung (z. B. flüchtige Stoffe);

Je nach angewandten Prinzipien können die automatischen Verfahren in verschiedene Hauptgruppen eingestuft werden. Diese Norm beschreibt speziell die folgenden drei Verfahren:

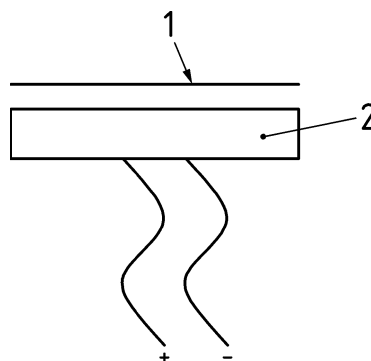
- Schwingende Mikrowaage zur Massenbestimmung (siehe 5.2);
- Abschwächung von Betastrahlen (siehe 5.3);
- optische Verfahren (siehe 5.4).

5.2 Schwingende Mikrowaage zur Massenbestimmung

5.2.1 Piezoelektrische Massenmonitore

5.2.1.1 Arbeitsprinzip

Die in das Gerät gesaugten Partikel werden auf der Oberfläche eines piezoelektrischen Kristalls gesammelt und werden Teil eines Schwingkreises, der auf einem Quarzkristall basiert (siehe Bild 2).



Legende

- 1 abgeschiedene Masse
- 2 piezoelektrischer Kristall

Bild 2 — Schematische Darstellung eines piezoelektrischen Massenmonitors

Die Masse der abgeschiedenen Partikel verursacht eine Verringerung der Schwingfrequenz f . Die veränderte Frequenz wird mit der zuvor aufgezeichneten Anfangsfrequenz oder der Frequenz eines Vergleichsschwingkreises verglichen. Die Frequenzverringerung verhält sich direkt proportional zur Partikelmasse (siehe [8]). Der Proportionalitätsfaktor k_f drückt die Kristallempfindlichkeit im Hinblick auf die abgeschiedene Masse aus. Er ist für jeden Kristall konstant (siehe [7]) und sein Wert variiert in den meisten Fällen um etwa 200 Hz/μg. Wenn die Frequenzänderung während der Probenahme für eine Zeit t gleich Δf ist, entspricht die Masse des gesammelten Staubes $\frac{\Delta f}{k_f}$ und die mittlere Konzentration des Aerosols kann nach Gleichung (1) berechnet werden:

$$C = \frac{\Delta f}{Q \times t_s \times k_f} \quad (1)$$

Dabei ist

C die mittlere Konzentration des Aerosols, in Milligramm je Kubikmeter;

Δf die Änderung der Resonanzfrequenz, in Hertz;

Q der Probenvolumenstrom, in Litern je Minute;

t_s die Probenahmedauer, in Minuten;

k_f die Masseempfindlichkeit des Kristalls, in Hertz je Mikrogramm.

Dieses Verfahren ist sehr empfindlich und gestattet das Messen geringer Konzentrationen in der Größenordnung von einigen zehn Mikrogramm je Kubikmeter. Es ist jedoch wegen der geringen mechanischen Kräfte zwischen einem Partikel und der Kristalloberfläche auf kleine Partikel begrenzt (im Allgemeinen kleiner als 10 µm): wenn dessen Masse groß ist, kann sich das Partikel der Schwingungsfrequenz nicht anpassen. Das stellt auch ein Problem bei großen abgeschiedenen Staubmassen dar, bei denen es keine Koppelung zwischen den äußersten Partikelschichten und dem Kristall gibt. Das erfordert eine regelmäßige Säuberung des Kristalls und kann die Überwachungsdauer begrenzen.

5.2.1.2 Bestimmung der Massenkonzentration gesundheitsrelevanter Fraktionen

Die Änderung der Kristallfrequenz verhält sich direkt proportional zur angesammelten Partikelmasse und ist daher weitgehend unabhängig von den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Partikel. Es besteht deshalb kein Grund, Faktoren einer Vor-Ort-Kalibrierung anzuwenden, vorausgesetzt, dass der Kristall nicht überladen ist. Wegen der Partikelgrößeneinschränkungen durch die Partikel-Sensor-Kopplung (siehe 5.2.1.1) ist nur die Massenkonzentration der alveolengängigen Fraktion messbar. Die Probenahme der alveolengängigen Partikelfraktion lässt sich durch die Nutzung jedes geeigneten Sammlers bestimmen; ein Gerät nutzt einen einstufigen Impaktor, bei dem die alveolengängigen Partikel durch elektrostatische Abscheidung auf dem Kristall abgelagert werden. Ein anderes Gerät verwendet mehrere Schwingquarze als Trägermaterial für die Sammlung von nach Größen getrennten Partikeln in einem 10-stufigen Kaskadenimpaktor.

5.2.1.3 Kalibrierung piezoelektrischer Geräte

Jeder Kristallsensor hat seine eigene Frequenzempfindlichkeit und daher wird das den Kristall enthaltende Gerät im Werk kalibriert, um die erforderliche Masseempfindlichkeit zu ermitteln. Unter der Voraussetzung, dass der Kristall nicht beschädigt ist, sind keine weiteren Kalibrierungsvorgänge notwendig.

5.2.1.4 Vorteile und Nachteile piezoelektrischer Geräte

Tabelle 1 führt Vorteile und Nachteile piezoelektrischer Geräte auf.

Tabelle 1 — Vorteile und Nachteile piezoelektrischer Geräte

Vorteile	Nachteile
— direkte Messung der Staubmasse — keine Vor-Ort-Kalibrierung erforderlich — Signal unabhängig von chemischer Zusammensetzung und Partikelgröße (unterhalb 10 µm) — vergleichsweise einfache Handhabung	— Gebrauch wird durch die Staubmenge auf dem Kristall begrenzt — regelmäßige Säuberung des Kristalls erforderlich — nur geeignet für alveolengängige Partikel

5.2.1.5 Gegenwärtig verfügbare Piezowaagen-Geräte

Tabelle 2 enthält einen Überblick über gegenwärtig verfügbare Piezowaagen-Geräte.

Tabelle 2 — Gegenwärtig verfügbare Piezowaagen-Geräte

Name ^a	tragbar/ personen- getragen	Größe mm	Gewicht kg	Größen- auswahl	Durch- fluss l/min	Ansprechzeit s	Genauig- keit	Messbereich mg/m ³
Kanomax Piezobalance Dust Monitor Modell 3511®	tragbar	311 × 170 × 130	2	alveolen- gängige Fraktion durch Impaktor	1	0 mg/m ³ bis 1 mg/m ³ : 24 s von > 1 mg/m ³ bis 10 mg/m ³ : 120 s	± 10 % des Anzeige- werts	0,02 bis 10
California Measurements Inc, PC-2HX QCM® Echtzeit- Kaskaden- impaktor	tragbar, aber über Kabel betrieben (batterie- betriebene Variante als Sonder- bestellung)	Kaskadenimpaktor: 35 × 12,5 × 32 Steuerungseinheit: 18 × 43 × 32	5,4 10	10 Stufen (0,1 µm bis 14 µm)	2	für eine mittlere Konzentration von 0,05 mg/m ³ : 30 s	nicht angegeben	0,005 bis 1

ANMERKUNG Die „Genauigkeit“ („Messunsicherheit“) wird von den Herstellern festgelegt.

^a Kanomax Piezobalance Dust Monitor Modell 3511® (Piezowaagen-Aerosolmonitor) und California Measurements Inc, PC-2HX QCM® Echtzeit-Kaskadenimpaktor sind Beispiele für geeignete, handelsübliche Produkte. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieser Norm und bedeutet keine Anerkennung dieser genannten Produkte durch das DIN.

5.2.2 TEOM — Schwingende Mikrowaage mit konischem Element**5.2.2.1 Arbeitsprinzip**

Die Vorrichtung ist in der Hauptsache einer piezoelektrischen Mikrowaage ähnlich, aber die Schwingungsfrequenz liegt an einer konischen Glasröhre an, die mit Filtern für die Probenahme an ihrem verjüngten Ende ausgestattet ist (siehe Bild 3).