

DIN EN ISO 23210

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5
ICS 13.040.40

**Emissionen aus stationären Quellen –
Ermittlung der Massenkonzentration von PM10/PM2,5 im Abgas –
Messung bei niedrigen Konzentrationen mit Impaktoren
(ISO 23210:2009);
Deutsche Fassung EN ISO 23210:2009**

Stationary source emissions –
Determination of PM10/PM2,5 mass concentration in flue gas –
Measurement at low concentrations by use of impactors (ISO 23210:2009);
German version EN ISO 23210:2009

Émissions de sources fixes –
Détermination de la concentration en masse de PM10/PM2,5 dans les effluents gazeux –
Mesurage à des faibles concentrations au moyen d'impacteurs (ISO 23210:2009);
Version allemande EN ISO 23210:2009

Gesamtumfang 51 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Diese Norm (EN ISO 23210:2009) wurde vom Unterkomitee SC 1 „Stationary source emissions“ des Technischen Komitees ISO/TC 146 „Air quality“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird. An der Erstellung dieser Norm waren deutsche Experten des Fachbereichs IV „Umweltmesstechnik“ der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN — Normenausschuss — beteiligt.

Wichtige Hinweise:

Die in diesem Dokument festgelegten Anforderungen an die Ermittlung der Massenkonzentration von PM_{10} und $PM_{2,5}$ im Abgas stationärer Quellen entsprechen den Anforderungen in der Richtlinie VDI 2066 Blatt 10. Der in der Richtlinie VDI 2066 Blatt 10 detailliert beschriebene Impaktor stellt ein validiertes Ausführungsbeispiel im Sinne des vorliegenden Dokuments dar. Die in Anhang C.2 aufgeführten Ergebnisse der Validierung stammen aus der Richtlinie VDI 2066 Blatt 10.

Die Anforderungen an die Gesamtstaubmessung nach ISO 12141, auf die in diesem Dokument verwiesen wird, sind identisch mit den Anforderungen an die Gesamtstaubmessung nach DIN EN 13284-1.

Die Angaben zu den Bildern 2 und 3 sind verkürzt und daher missverständlich. In den Bildern 2 und 3 ist der Abscheidegrad in Abhängigkeit vom Partikeldurchmesser für Abscheidekurven mit einem Trenndurchmesser von $2,5\ \mu m$ bzw. $10\ \mu m$ dargestellt. Die Angabe des Trenndurchmessers an der Abszisse ist daher nicht richtig. Im Anhang C sind die entsprechenden Angaben zu den Bildern korrekt.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen und andere deutsche Unterlagen hingewiesen:

ISO 4225	siehe DIN ISO 4225
ISO 7708	siehe DIN ISO 7708
ISO 12141	siehe DIN EN 13284-1
ISO 14956	siehe DIN EN ISO 14956
ISO 20988	siehe DIN EN ISO 20988
ISO/IEC 17025	siehe DIN EN ISO/IEC 17025

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 4225, *Luftbeschaffenheit — Allgemeine Gesichtspunkte — Begriffe*

DIN ISO 7708, *Luftbeschaffenheit — Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Schwebstaubprobenahme*

DIN EN 13284-1, *Emissionen aus stationären Quellen — Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen — Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren*

DIN EN ISO 14956, *Luftbeschaffenheit — Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit*

DIN EN ISO 20988, *Luftbeschaffenheit — Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

Deutsche Fassung

**Emissionen aus stationären Quellen —
Ermittlung der Massenkonzentration von
PM10/PM2,5 im Abgas —
Messung bei niedrigen Konzentrationen mit Impaktoren
(ISO 23210:2009)**

Stationary source emissions —
Determination of PM10/PM2,5 mass
concentration in flue gas —
Measurement at low concentrations by use
of impactors
(ISO 23210:2009)

Émissions de sources fixes —
Détermination de la concentration en masse de
PM10/PM2,5 dans les effluents gazeux —
Mesurage à des faibles concentrations au moyen
d'impacteurs
(ISO 23210:2009)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. Juni 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Grundlage des Verfahrens	10
6 Festlegung des zweistufigen Impaktors	13
7 Probenahmeeinrichtung	17
8 Vorbereitung, Durchführung der Messung und Nachbehandlung	19
9 Berechnung der Ergebnisse	23
10 Verfahrenskenngrößen	23
11 Berichterstattung	26
Anhang A (normativ) Berechnung des Probevolumenstroms des Impaktors.....	27
Anhang B (informativ) Allgemeine Berechnungsformeln zur Impaktionstheorie	34
Anhang C (informativ) Ergebnisse der Verfahrensvalidierung	36
Anhang D (informativ) Einfluss der Änderung von Abgastemperatur und Abgaszusammensetzung auf die Reynoldszahl.....	43
Anhang E (informativ) Entnahmesonde	45
Anhang F (informativ) Geräteausstattung	46
Anhang G (normativ) Ermittlung eines repräsentativen Messpunktes	48
Literaturhinweise	49

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 23210:2009) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 146 „Air quality“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2010 zurückgezogen werden.

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

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 23210:2009 wurde vom CEN als EN ISO 23210:2009 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Zur Ermittlung des PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Gehaltes in den Emissionen stationärer Quellen oder im Rahmen der Ursachenermittlung für Immissionen von PM_{10} und $PM_{2,5}$ ist es notwendig, Feinstäube auch in den Abgasen industrieller Anlagen zu messen.

Diese Internationale Norm beschreibt ein Messverfahren zur Ermittlung der Massenkonzentration von PM_{10} und $PM_{2,5}$, das die in ISO 7708:1995 festgelegten Abscheidekurven für PM_{10} und $PM_{2,5}$ auch bei Emissionsmessungen abbildet. Das Verfahren beruht auf dem Prinzip der Impaktion. Während der Probenahme wird die Partikelfraktion in drei Gruppen mit aerodynamischen Durchmessern größer $10\text{ }\mu\text{m}$, zwischen $10\text{ }\mu\text{m}$ und $2,5\text{ }\mu\text{m}$ und kleiner $2,5\text{ }\mu\text{m}$ geteilt.

Das Messverfahren gestattet eine gleichzeitige Bestimmung der Emissionskonzentrationen von PM_{10} und $PM_{2,5}$. Das Verfahren ist konzipiert für Messungen an geführten stationären Emissionsquellen.

Beiträge von Emissionen aus stationären Quellen zu den Konzentrationen von PM_{10} und $PM_{2,5}$ in der Außenluft können als primär oder sekundär klassifiziert werden. Als primäre partikelförmige Stoffe werden diejenigen Stoffe bezeichnet, die bereits im Abgas partikelförmig vorliegen. Sekundäre partikelförmige Stoffe werden erst in der Außenluft auf Grund chemischer Reaktionen in der Atmosphäre gebildet. Die in dieser Internationalen Norm beschriebene Messtechnik erfasst nicht den Beitrag der Emissionen, der zur Bildung sekundärer partikelförmiger Stoffe in der Außenluft führt.

Diese Internationale Norm enthält normative Verweisungen auf ISO 12141:2002. Die entsprechenden Anforderungen in ISO 12141:2002 sind identisch mit den Anforderungen in den Europäischen Normen EN 13284-1:2001 und EN 15259:2007.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt ein Standardreferenzmessverfahren zur Ermittlung der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Massenkonzentrationen an geführten stationären Quellen mit Hilfe eines zweistufigen Impaktors fest. Das Messverfahren ist insbesondere zur Messung von Massenkonzentrationen unterhalb von 40 mg/m^3 auf der Basis von Halbstundenmittelwerten und im Normzustand (273 K, 1 013 hPa, trockenes Gas) geeignet. Es hat sich bei der Messung in Abgasen unterschiedlicher Anlagen bewährt, beispielsweise bei Anlagen zur Herstellung von Zement und Stahl sowie bei Verbrennungsprozessen.

Diese Internationale Norm ist nicht anwendbar bei mit Wasserdampf gesättigten Abgasen.

Diese Internationale Norm ist nicht anwendbar, wenn die Mehrzahl der Partikel offensichtlich größer als PM_{10} ist, beispielsweise bei Rohgasmessungen oder Betriebsstörungen der Anlage.

ANMERKUNG 1 Messungen bei Staubkonzentrationen oberhalb von 40 mg/m^3 als Halbstundenmittelwert im Normzustand (273 K, 1 013 hPa, trockenes Gas) können zu einer Überladung der Sammelplatten und des Endfilters und auch zu kürzeren Sammelzeiten führen.

ANMERKUNG 2 Die Sammelplatten und Endfilter können für weitere chemische Analysen verwendet werden.

Diese Internationale Norm kann nicht zur Ermittlung der Gesamtstaubmassenkonzentration herangezogen werden.

ANMERKUNG 3 Zur Beurteilung der Daten kann es sinnvoll sein, zeitgleich zu den PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Messungen auch Gesamtstaubmessungen durchzuführen.

Diese Internationale Norm beschreibt die Gestaltung, Verwendung und Theorie von Runddüsenimpaktoren. Die Verwendung anderer Impaktortypen wird nicht ausgeschlossen, soweit die Einhaltung der in dieser Internationalen Norm festgelegten Mindestanforderungen durch diese Systeme im Rahmen einer Validierung des Impaktors, die durch ein unabhängiges Prüflaboratorium durchgeführt wird, nachgewiesen wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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).

ISO 7708:1995, *Air quality — Particle size fraction definitions for health-related sampling*

ISO 12141:2002, *Stationary source emissions — Determination of mass concentration of particulate matter (dust) at low concentrations — Manual gravimetric method*

ISO 20988:2007, *Air quality — Guidelines for estimating measurement uncertainty*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Strömungstechnische Begriffe

3.1.1

aerodynamischer Durchmesser

Durchmesser einer Kugel mit der Dichte 1 g/cm^3 und der gleichen Sinkgeschwindigkeit in ruhender Luft wie die Partikel unter den herrschenden Bedingungen bezüglich Temperatur, Druck und relativer Feuchte

ANMERKUNG Abgeleitet aus ISO 7708:1995, 2.2.

3.1.2

Trenndurchmesser

aerodynamischer Durchmesser, bei dem die Impaktorstufe eine Abscheideeffizienz von 50 % besitzt

3.1.3

PM₁₀

Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von $10 \text{ }\mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist

ANMERKUNG PM₁₀ entspricht der in ISO 7708:1995, Abschnitt 6 definierten „Konvention über die thorakale Fraktion“.

3.1.4

PM_{2,5}

Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von $2,5 \text{ }\mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist

ANMERKUNG PM_{2,5} entspricht der in ISO 7708:1995, 7.1 definierten „Konvention über die alveolengängige Fraktion“.

3.1.5

Reynoldszahl

dimensionslose Größe zur Beschreibung einer Strömung

3.1.6

Stokeszahl

dimensionslose gerätespezifische Größe

ANMERKUNG Siehe B.2.

3.1.7

Cunningham-Faktor

Gleitkorrekturfaktor zur Berücksichtigung der sich ändernden Gewichtung der Wechselwirkungen zwischen Partikeln und Gasphase

ANMERKUNG Das Stokes'sche Gesetz basiert auf der Annahme, dass die relative Geschwindigkeit eines Gases am Rand eines Partikels gleich null ist. Diese Annahme kann nicht für Partikelgrößen in der Nähe der mittleren freien Weglänge gemacht werden. Solche Partikel können durch Zusammenstöße mit Partikeln und Gasatomen ihre Bewegung nicht kontinuierlich fortsetzen. In diesem Fall muss das Stokes'sche Gesetz um einen Gleitkorrekturfaktor, den Cunningham-Faktor, ergänzt werden. Er ist nur von der mittleren freien Weglänge und dem Partikeldurchmesser abhängig.

3.1.8

Sutherland-Konstante

konstante Kenngröße eines Gases, die zur Berechnung der Abhängigkeit der Viskosität eines Gases von der Temperatur verwendet wird

3.1.9

Aerosol

Suspension von festen Partikeln, flüssigen Partikeln oder festen und flüssigen Partikeln, deren Sinkgeschwindigkeit in einem gasförmigen Medium vernachlässigbar ist

[ISO 4225:1994, 3.2]

3.2 Gerätetechnische Begriffe

3.2.1

Filtersatz

Rückhaltesystem bestehend aus zwei Sammelplatten und einem Endfilter

3.2.2

Sammelplatte

Planfilter zur Partikelsammlung durch Impaktion

3.2.3

Endfilter

Planfilter zur Sammlung der Partikelfraktion $PM_{2,5}$

3.2.4

Sammelplattenhalter

Halterung zur Aufnahme der Sammelplatte

3.2.5

Endfilterhalter

Lochplatte zur Aufnahme des Endfilters

3.2.6

Diffusor

konisches Teil vor der Düsenplatte zur Vermeidung von Strömungsabriss

3.3 Probenahmetechnische Begriffe

3.3.1

Messplatz

Probenahmestelle

Ort am Abgaskanal im Bereich des Messquerschnitts oder der Messquerschnitte, bestehend aus baulichen und technischen Einrichtungen

ANMERKUNG Der Messplatz besteht beispielsweise aus Messbühnen, Messöffnungen und der Energieversorgung.

3.3.2

Messstrecke

Bereich des Abgaskanals, der den Messquerschnitt oder die Messquerschnitte sowie die Einlaufstrecke und die Auslaufstrecke umfasst

3.3.3

Messquerschnitt

Probenahmeebene

zur Mittelachse des Abgaskanals senkrechte Fläche am Ort der Probenahme

4 Symbole und Abkürzungen

A	Abscheidegrad
BF	Endfilter
$c_{1,i}$	i -te Konzentration der ersten Messeinrichtung
$c_{2,i}$	i -te Konzentration der zweiten Messeinrichtung
C	Cunningham-Faktor
CP2	Sammelplatte der zweiten Impaktorstufe
d_{ae}	aerodynamischer Durchmesser
d_e	äquivalenter Volumendurchmesser
d_{in}	Durchmesser der Impaktordüse
d_{nozzle}	Durchmesser der Entnahmesonde
d_{50}	Trenndurchmesser
E	Sammeleffizienz
f_n	Massenkonzentration von Wasserdampf im Abgas bezogen auf Normzustand und trockenes Gas
g	Erdbeschleunigung
i	Zählindex, $i = 1, 2, 3, \dots m$
j	Zählindex, $j = 1, 2, 3, \dots n$
l_{in}	Länge der Impaktordüse
m	gesammelte Masse
$m(BF)$	Partikelmasse auf dem Endfilter
$m(CP2)$	Partikelmasse auf der Sammelplatte der zweiten Impaktorstufe
M	Molmasse
n	Anzahl der Messwertepaare
N	Anzahl der Impaktordüsen
p	absoluter Druck des Gases
p_{atm}	Luftdruck am Messplatz (Barometerstand)
p_n	Normdruck
p_{st}	Differenz zwischen dem statischen Druck im Messquerschnitt und dem Luftdruck am Messplatz
r	Volumenanteil

R	Gaskonstante
Re	Reynoldszahl
s	Abstand zwischen Düsenausgang und Prallfläche
s_D	Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
S	Sutherland-Konstante
St	Stokeszahl
T	Temperatur des Gases
T_n	Normtemperatur
T_{crit}	kritische Temperatur
v_{fg}	Abgasgeschwindigkeit
v_{in}	Gasgeschwindigkeit in der Impaktordüse
v_{nozzle}	Gasgeschwindigkeit in der Entnahmesonde
v_p	Wanderungsgeschwindigkeit des Partikels
V	Probevolumen
V_n	Probevolumen im Normzustand und für trockenes Gas
$\dot{V}$	Volumenstrom
WV	Wasserdampf
λ	mittlere freie Weglänge
χ	dynamischer Formfaktor für nicht-sphärische Partikel
η	dynamische Gasviskosität
ρ_n	Gasdichte im Normzustand
$\rho_{n,WV}$	Dichte von Wasserdampf im Normzustand
$\rho_{p,t,h}$	Gasdichte im Betriebszustand
ρ_p	Partikeldichte
$\rho_{0,p}$	Partikeleinheitsdichte

5 Grundlage des Verfahrens

5.1 Allgemeines

Im Bereich der Partikelmesstechnik können drei relevante physikalische Messgrößen unterschieden werden:

- Massenkonzentration (z. B. Gesamtstaub, PM_{10} , $PM_{2,5}$) und Massengrößenverteilungen;
- Partikelanzahlkonzentration und Partikelanzahlgrößenverteilung;
- Morphologie von Partikeln (z. B. Form, Farbe, optische Eigenschaften).

PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Massenkonzentrationen werden durch größenselektive Fraktionierung gasgetragener Partikel unter Ausnutzung der unterschiedlichen Trägheit von Partikeln bestimmt. Allgemein können zur Trennung nach dem Trägheitsprinzip zwei Verfahren unterschieden werden:

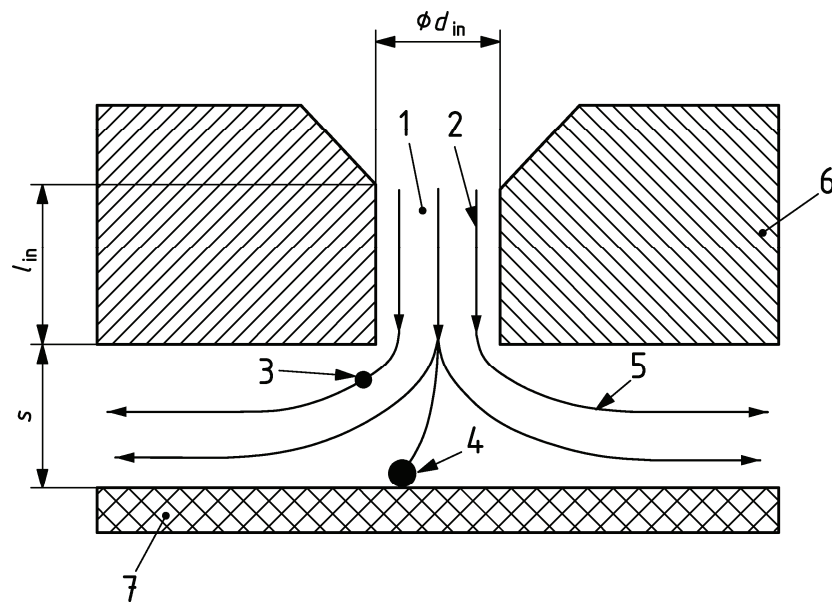
- Impaktoren (Untertypen: z. B. Schlitzdüsenimpaktor, Runddüsenimpaktor, virtueller Impaktor);
- Zyklone (Untertypen: z. B. Kaskadenzyklon, Sharp-Cut-Zyklon).

Impaktoren werden bei niedrigen Massenkonzentrationen eingesetzt. Zyklone finden dagegen Anwendung bei hohen Massenkonzentrationen.

Diese Internationale Norm legt ein Verfahren zur Bestimmung der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Massenkonzentrationen nach dem Impaktionsverfahren mit einem Runddüsenimpaktor fest.

5.2 Theorie der Impaktion

Ein Impaktor scheidet Partikel nach ihrem jeweiligen aerodynamischen Durchmesser ab. Dazu wird das Aerosol in einer Düse beschleunigt und anschließend um 90° abgelenkt. Partikel mit einem größeren aerodynamischen Durchmesser können auf Grund ihrer Massenträgheit dem Gasstrom nicht folgen und werden auf der Sammelplatte abgeschieden (siehe Bild 1).



Legende

- | | | | |
|---|--|----------|--|
| 1 | Impaktordüse | l_{in} | Länge der Impaktordüse |
| 2 | Stromlinie | s | Abstand zwischen Düsenausgang und Sammelplatte |
| 3 | in der Strömung verbleibendes Partikel | d_{in} | Durchmesser der Impaktordüse |
| 4 | impaktiertes Partikel | | |
| 5 | Partikeltrajektorie | | |
| 6 | Düsenplatte | | |
| 7 | Sammelplatte | | |

Bild 1 — Prinzip der Impaktion

Ein Impaktor wird über den sogenannten Trenndurchmesser d_{50} definiert. Dabei hat der Impaktor für Partikel mit diesem aerodynamischen Durchmesser eine Abscheideeffizienz von 50 %. Gleichung (1) wird verwendet, um den Trenndurchmesser d_{50} für einen einstufigen Runddüsenimpaktor zu berechnen (siehe [11]).

$$d_{50} = \sqrt{\frac{9 \pi St_{50} \eta N d_{in}^3}{4 \rho_{0,P} C \dot{V}}} \quad (1)$$

Dabei ist

- | | |
|--------------|--|
| St_{50} | die Stokeszahl bezogen auf den Trenndurchmesser d_{50} ; |
| η | die dynamische Viskosität des Trägergases; |
| N | die Anzahl der Impaktordüsen; |
| d_{in} | der Durchmesser der Impaktordüse; |
| $\rho_{0,P}$ | die Partikeleinheitsdichte (1 g/cm ³); |
| C | der Cunningham-Faktor; |
| $\dot{V}$ | der Volumenstrom durch den Impaktor im Betriebszustand. |

Für die Auslegung und die Verwendung der Gleichung (1) gelten die folgenden Bedingungen:

a) Abstand zwischen Düse und Sammelplatte

Das Verhältnis des Abstands s zwischen dem Düsenausgang und der Sammelplatte zum Düsendurchmesser d_{in} muss im folgenden Bereich liegen:

$$0,5 \leq s / d_{in} \leq 5,0 \quad (2)$$

b) Verhältnis Düsenlänge zu Düsendurchmesser

Das Verhältnis von Länge der Impaktordüse l_{in} zum Düsendurchmesser d_{in} muss im folgenden Bereich liegen:

$$0,25 \leq l_{in} / d_{in} \leq 2,0 \quad (3)$$

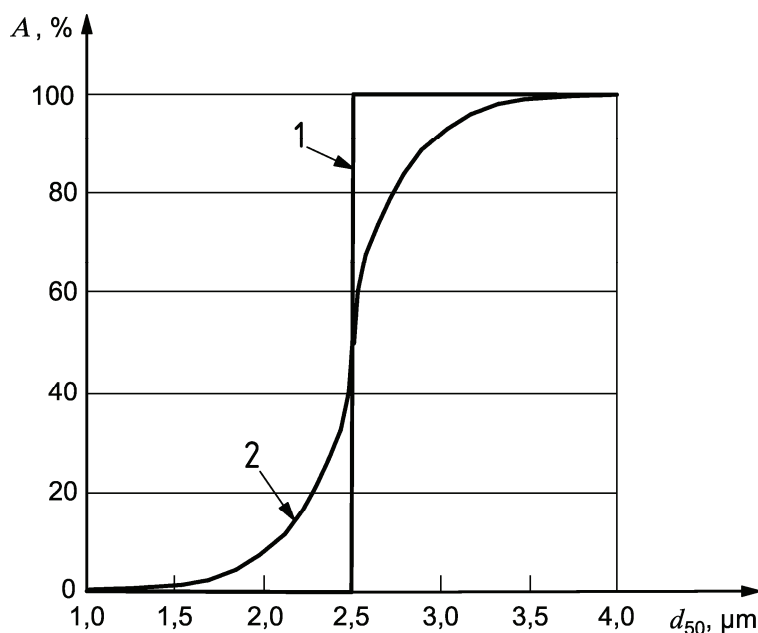
Dadurch ergibt sich ein gleichmäßiger Strömungsverlauf am Ausgang der Düse. Die Strömung hat somit überall am Düsenausgang die gleiche Geschwindigkeit. Ist das Verhältnis zu klein ($l_{in} / d_{in} < 0,25$), so hat sich die Strömung noch nicht gleichmäßig ausgebildet, ist es zu groß ($l_{in} / d_{in} > 2,0$), so ist die Geschwindigkeit am Rand der Düse durch Reibung niedriger als im Innern der Düse.

c) Reynoldszahl

Die Reynoldszahl Re der Gasströmung in der Düse muss im Bereich für laminare Strömungen liegen ($100 < Re < 3\,000$).

5.3 Trenndurchmesser

In der Realität erfolgt die Abscheidung der Partikel nicht ideal. Daher hat ein Impaktor in der Praxis eine Abscheidetkurve, die dem Beispiel in Bild 2 ähnelt.



Legende

- 1 ideal
- 2 real

Bild 2 — Abscheidegrad A eines Impaktors in Abhängigkeit vom Trenndurchmesser d_{50}

5.4 Kaskadenimpaktor

Diese Internationale Norm legt einen zweistufigen Kaskadenimpaktor zur Bestimmung der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Massenkonzentrationen fest (siehe [9]).

ANMERKUNG Ein Kaskadenimpaktor besteht aus mehreren Impaktorstufen. Dabei scheidet die erste Impaktorstufe die größten Partikel auf einer Sammelplatte ab. Die kleineren Partikel gelangen zu den nachfolgenden Stufen.

Die Abscheidekurven für PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Emissionsmessungen müssen den in der Immissionsmesstechnik festgelegten Abscheidekurven für PM_{10} und $PM_{2,5}$ entsprechen. Während der Probenahme wird die Partikelfraktion in drei Gruppen mit aerodynamischen Durchmessern größer $10\ \mu m$, zwischen $10\ \mu m$ und $2,5\ \mu m$ und kleiner $2,5\ \mu m$ geteilt. Das Messverfahren gestattet somit eine direkte Bestimmung der Emissionskonzentrationen von PM_{10} und $PM_{2,5}$.

6 Festlegung des zweistufigen Impaktors

6.1 Allgemeines

Der in dieser Internationalen Norm beschriebene zweistufige Impaktor zur Bestimmung der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen in Abgasen teilt die Partikel in die folgenden drei Fraktionen auf:

- a) Partikel mit aerodynamischen Durchmessern größer $10\ \mu m$ (erste Impaktorstufe);
- b) Partikel mit aerodynamischen Durchmessern zwischen $10\ \mu m$ und $2,5\ \mu m$ (zweite Impaktorstufe);
- c) Partikel mit aerodynamischen Durchmessern kleiner $2,5\ \mu m$ (Endfilter).

Die $PM_{2,5}$ -Masse entspricht der Fraktion nach c) und die PM_{10} -Masse der Summe aus den Fraktionen nach b) und c). Die Fraktion mit aerodynamischen Durchmessern größer $10\ \mu m$ wird zur Auswertung der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Daten nicht benötigt.

6.2 Abscheidekurven

Die Impaktorstufen für PM_{10} und $PM_{2,5}$ müssen so gestaltet sein, dass die Abscheidekurven für PM_{10} und $PM_{2,5}$ die Anforderungen an die in den Tabellen 1 und 2 festgelegten Abscheidegrade einhalten. Die in den Tabellen 1 und 2 festgelegten erlaubten Abweichungen sind absolute Prozentwerte um die in ISO 7708:1995 festgelegten Abscheidegrade (siehe Bild 3) für die jeweiligen Partikeldurchmesser. Darüber hinaus müssen die Anforderungen nach 5.2 eingehalten werden.

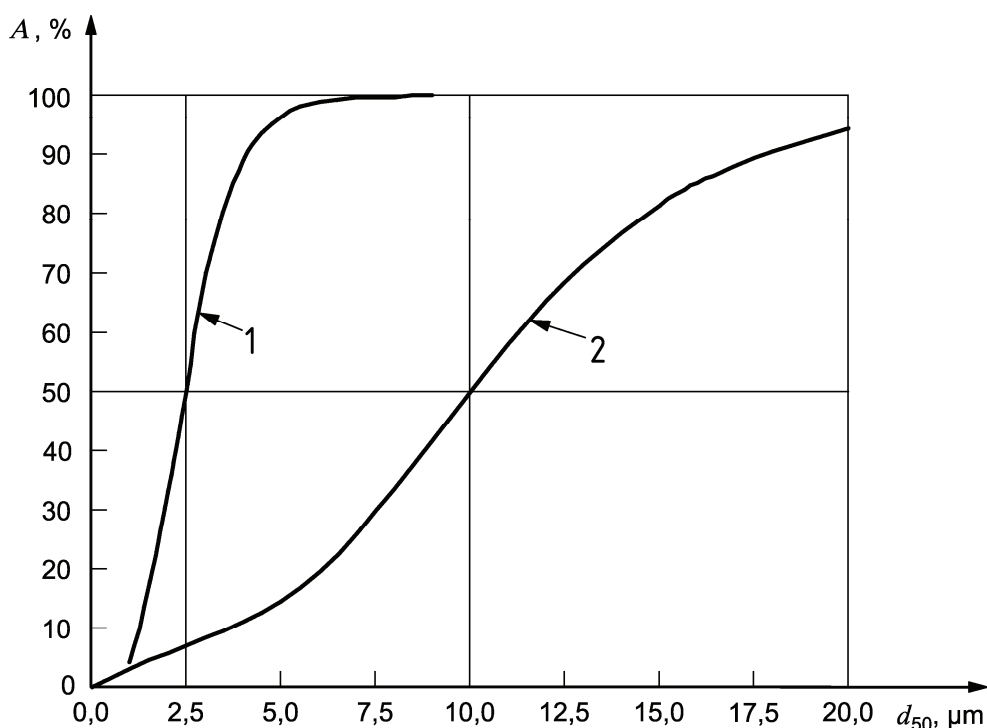
ANMERKUNG Die Form der Abscheidekurven kann auf Grund experimenteller Einflüsse von den in Bild 3 gezeigten Kurven abweichen (z. B. auf Grund der gewählten Form des Impaktors und der Strömungsbedingungen).

Tabelle 1 — Anforderungen an den Abscheidegrad der $PM_{2,5}$ -Impaktorstufe

Partikel- durch- messer	Abscheidegrad für monodisperse Latexaerosole und gefettete Sammelplatten	Abscheidegrad für monodisperse Latexaerosole und Quarzfaserfilter
$1,0\ \mu m$ bis $2,5\ \mu m^a$	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von $\pm 10\ %$	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von $\pm 10\ %$
$> 2,5\ \mu m$ bis $10,0\ \mu m^a$	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von $\pm 15\ %$	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von $\pm 30\ %$
^a Ungefähre Durchmesser.		

Tabelle 2 — Anforderungen an den Abscheidegrad der PM₁₀-Impaktorstufe

Partikel- durch- messer	Abscheidegrad für monodisperse Latexaerosole und gefettete Sammelplatten	Abscheidegrad für monodisperse Latexaerosole und Quarzfaserfilter
2,0 µm bis 10,0 µm ^a	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von ± 10 %	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von ± 10 %
> 10,0 µm bis 20,0 µm ^a	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von ± 15 %	Abscheidegrad nach ISO 7708:1995 beim jeweiligen Partikeldurchmesser mit einer erlaubten Abweichung von ± 30 %
^a Ungefähre Durchmesser.		



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Konvention über die alveolengängige Fraktion (PM _{2,5}) | A Abscheidegrad in Prozent (%) |
| 2 Konvention über die thorakale Fraktion (PM ₁₀) | d_{50} Trenndurchmesser in Mikrometer (µm) |

Bild 3 — In ISO 7708:1995 festgelegte Abscheidekurven für PM₁₀ und PM_{2,5}

6.3 Überprüfung der Abscheidekurven

Der Impaktor ist zur Überprüfung, ob die in 6.2 festgelegten Mindestanforderungen eingehalten sind, zu validieren. Die Validierung ist durch ein Prüflaboratorium, das ein international anerkanntes Qualitätsmanagementsystem betreibt, durchzuführen.

ANMERKUNG Anforderungen an Prüflaboratorien sind beispielsweise in ISO/IEC 17025 festgelegt.