

VEREIN  
 DEUTSCHER  
 INGENIEURE

Messen von Partikeln  
 Herstellen von Prüfaerosolen  
 aus Farbstofflösungen mit Düsenzerstäubern

VDI 3491

Blatt 5

Particulate matter measurement.  
 Generation of test aerosols by nebulization of  
 dye-solutions with nozzle atomizers.

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung  
 im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchs-  
 verfahren unterworfen.*

Inhaltlich überprüft und unverändert  
 weiterhin gültig: September 1999



Inhalt	Seite
Vorbemerkung . . . . .	2
<b>1. Grundlage des Verfahrens</b> . . . . .	2
<b>2. Beschreibung wichtiger Verfahrensschritte</b> . . . . .	2
2.1. Herstellung der Farbstofflösung . . . . .	2
2.2. Zerstäuben der Lösung . . . . .	2
2.3. Trocknen der Partikeln . . . . .	2
2.4. Entladen der Aerosolpartikeln . . . . .	2
<b>3. Ausführungsbeispiele zweier Farbstoff-Aerosolgeneratoren</b> . . . . .	2
3.1. Geräte und Betriebsmittel . . . . .	2
3.2. Aufbau zweier Aerosolgeneratoren für Farbstofflösungen . . . . .	3
3.3. Kenndaten der Düsenzerstäuber . . . . .	4
<b>4. Eigenschaften des Prüfaerosols</b> . . . . .	5
4.1. Größe der Partikeln . . . . .	5
4.2. Anzahlkonzentration der Aerosolpartikeln . . . . .	5
4.3. Formfaktoren . . . . .	5
4.4. Sonstige Eigenschaften . . . . .	5
<b>5. Störeinflüsse und Fehlerquellen</b> . . . . .	5
<b>6. Überprüfen und Warten des Generators</b> . . . . .	5
<b>7. Anwendung</b> . . . . .	6
Schrifttum . . . . .	6

VDI-Kommission Reinhaltung der Luft  
 Arbeitsgruppe Teststäube und Prüfnormale im Ausschuß Messen von Partikeln

Frühere Ausgabe: 12.79 Entwurf

Alle Rechte vorbehalten © VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1980

Zu beziehen durch Beuth Verlag GmbH, Berlin und Köln

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet

### Vorbemerkung

Prüfaerosole, die durch Zerstäubung von Farbstofflösungen hergestellt werden, eignen sich z. B. zur Bestimmung von Abscheide- und Durchlaßgraden. Die aus dem Aerosolstrom abgeschiedenen Partikeln können fotometrisch, spektralfotometrisch oder fluoreszenzphotometrisch nachgewiesen werden. Die beiden letztgenannten Nachweismethoden sind hochempfindlich und spezifisch und z. B. in solchen Fällen anwendbar, in denen Partikeln eines Prüfaerosols von anderen Aerosolpartikeln unterschieden werden sollen.

Die vorliegende Richtlinie behandelt einen Aerosolgenerator, der in seinem funktionellen Aufbau und in der Betriebsweise dem in der Richtlinie VDI 3491 Bl. 3 [1] beschriebenen Generator weitgehend ähnlich ist. Der gebräuchlichste Farbstoff mit Absorption im sichtbaren Bereich ist Methylenblau; für fluoreszierende Aerosole wird meist Ammoniumfluorescein verwendet. Die Anzahlkonzentration dieser Aerosole liegt in der Größenordnung  $10^6$  pro  $\text{cm}^3$ , die Massenkonzentration kann bis zu  $1 \text{ g/m}^3$  betragen. Die Partikelgrößenverteilung läßt sich näherungsweise durch eine geometrische Normalverteilung mit einer geometrischen Standardabweichung von etwa 1,5 beschreiben. Die mittleren Partikeldurchmesser der annähernd kugelförmigen Partikeln liegen je nach der Konzentration der Lösung zwischen etwa 0,01 und  $1 \mu\text{m}$ , die Volumenströme betragen etwa 0,1 bis 20  $\ell/\text{min}$ . Das Eintrocknen der Partikeln vollzieht sich sehr rasch, so daß am Ausgang des Generators ein Feststoffaerosol vorliegt. Größe, Dispersionsgrad und Anzahlkonzentrationen dieser Feststoffpartikeln lassen sich aus den Betriebsdaten des Generators nur grob abschätzen und müssen daher durch Messungen am Aerosol bestimmt werden [2].

## 1. Grundlage des Verfahrens

Ein Düsenzerstäuber (wie z. B. in [3], Abschn. 3.2.2, angegeben) erzeugt aus einer wäßrigen Lösung von Methylenblau oder Fluorescein einen Nebel, dem Trockenluft zugemischt wird und der ferner durch eine Trockenstrecke mit Absorptionsmittel für Wasserdampf geleitet wird. Dabei verdampft das Wasser der Partikeln, und es bleiben feste Partikeln übrig. Die Größenverteilung dieser Partikeln läßt sich durch die Konzentration der Lösung, den Zerstäuberdruck sowie Prallplatten und Abscheidevorrichtungen beeinflussen. Der Dispersionsgrad des trockenen Aerosols wird durch den Dispersionsgrad des von der Düse abgegebenen Primäraerosols bestimmt.

## 2. Beschreibung wichtiger Verfahrensschritte

### 2.1. Herstellung der Farbstofflösung

Je nach der gewünschten Aerosolkonzentration und mittleren Partikelgröße wird eine Lösung mit einer Konzentration von 0,1 bis 10  $\text{g}/\ell$  (Methylenblau) oder 0,1 bis 100  $\text{g}/\ell$  (Fluorescein) hergestellt. Als Lösungsmittel wird

destilliertes Wasser verwendet. Für die Lösung von Fluorescein müssen dem Wasser pro 1 g Fluorescein 0,4 g 25 %ige Ammoniaklösung zugesetzt werden.

### 2.2. Zerstäuben der Lösung

Die Lösung wird mittels Düsenzerstäuber zerstäubt. In Abschn. 3 werden zwei verschiedene Zerstäubertypen für unterschiedliche Volumenströme und mittlere Größen der Aerosolpartikeln angegeben. Bei beiden Typen werden die größeren Tröpfchen durch Trägheitskräfte im Zerstäubergefäß abgeschieden und die Flüssigkeit der Zerstäuberdüse wieder zugeleitet.

### 2.3. Trocknen der Partikeln

Durch das Abscheiden der größeren Partikeln kann die Preßluft aus der Düse das Wasser der kleineren Partikeln aufnehmen, so daß die Partikeln normalerweise schon in der Rohrstrecke trocknen. Falls die Aufenthaltsdauer in dieser Strecke nicht ausreicht, kann eine Flasche mit einem Volumen von ca. 1  $\ell$  in die Strecke eingeschaltet werden. Die relative Feuchte des Aerosols beträgt ca. 50 bis 60%. Wird ein Aerosol von geringerer Feuchte gewünscht, kann zusätzlich Trockenluft eingeleitet oder eine Trockenstrecke mit Kieselgel eingesetzt werden.

### 2.4. Entladen der Aerosolpartikeln

Beim Zerstäuben der Farbstofflösungen laden sich die Aerosoltröpfchen im allgemeinen elektrisch auf und verbleiben auch nach der Eintrocknung im geladenen Zustand. Um bei bestimmten Anwendungsfällen elektrostatische Wechselwirkungen auszuschließen, muß das Aerosol vor Verlassen des Generators entladen werden. Dazu wird es in einer Entladungsstrecke einem bipolaren Ionengas ausgesetzt, das durch ein radioaktives Präparat erzeugt wird (s. Abschn. 3.2).

Es tritt keine vollständige Entladung ein, sondern es kann nur das Boltzmann-Gleichgewicht erreicht werden.

## 3. Ausführungsbeispiele zweier Farbstoff-Aerosolgeneratoren

### 3.1. Geräte und Betriebsmittel

#### 3.1.1. Geräte

*Düsenzerstäuber* Zweistoffdüse, z. B. Glasdüse, wie in Bild 1 b dargestellt, oder Düse Nr. 954 der Firma Schlick<sup>1)</sup> (Kenndaten s. Abschn. 3.3). Die individuellen Unterschiede der Glasdüsen sind größer als die der Schlick-Düsen

*Gehäuse für Düse* Es dient gleichzeitig als Abscheidevorrichtung für größere Tröpfchen und ist mit einer Prallwand oder einem Zyklon ausgestattet

*Vorratsgefäß für Lösung* Glasflasche mit mehreren Litern Inhalt

<sup>1)</sup> Bezugsquelle: Fa. Schlick, Coburg