11/12-99 Nov./Dez.

G 20633

# Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft

## Air Quality Control

Herausgeber: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA
Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuß

**Grenzwerte**

Allgemeiner Staubgrenzwert – Teil 2

Einhaltung des deutschen Luftgrenzwertes für Holzstaub

**Bitumen**

PAH-Massegehalte und temperaturabhängiges Emissionsverhalten unter standardisierten Bedingungen

**Schadstoffbelastung**

Tabakrauch in der Luft

**Gefahrstoffe**

2-Naphthylamin

**Meßtechnik**

PM 10/PM 2.5-Kaskadenimpaktor zur Messung der Emissionen von Feinstäuben

Manuelles Meßverfahren zur Bestimmung von Quecksilber in der Luft

**Luftreinhaltung**

Emissionen des Flugverkehrs in NRW

**Toxizität**

Bewertung der Toxizität immissionsbedingter PAH in Pflanzen

Springer VDI Verlag

# Entwicklung eines PM 10/PM 2.5-Kaskadenimpaktors zur Messung der Emissionen von Feinstäuben

**A. C. John, T. A. J. Kuhlbusch, H. Fißan, G. Bröker, K.-J. Geueke**

***Zusammenfassung*** *Aufgrund der neuen Immissionsstandards PM 10 und PM 2.5 besteht Bedarf, diese Partikelgrößenfraktionen auch bei Emissionsmessungen zu bestimmen, da Verbrennungs- und industrielle Prozesse anthropogene Quellen für atmosphärische Partikeln dieser Größenfraktionen darstellen. Deshalb wurde ein Sammelsystem für PM 10/PM 2.5 in-stack-Messungen entwickelt und kalibriert. In diesem Kaskadenimpaktor wird das Abgas isokinetisch über die Probenahmesonden des Planfilterkopfgerätes nach VDI 2066 Blatt 7 angesaugt und das Aerosol in die Partikelgrößenfraktionen > 10 µm, 10 bis 2,5 µm und < 2,5 µm aufgetrennt. Aufgrund eines relativ hohen Volumenstroms (je nach Betriebsbedingungen ca. 3,2 m³/h) können die Sammelzeiten niedrig gehalten werden und liegen für Staubkonzentrationen von 10 mg/m³(i. N.) bei nur 30 min.*

## Development of a PM 10/PM 2.5 cascade impactor for in-stack measurements

***Abstract*** *Due to the new standards of ambient air quality PM 10 and PM 2.5, these particle size fractions should also be measured in emissions as combustion and industrial processes are anthropogenic sources of particulate matter in ambient air. Therefore, a sampling system for PM 10/PM 2.5 in-stack measurements was designed and calibrated. The exhaust gas is isokinetically sucked into the cascade impactor through the inlet of the plane filter device (VDI 2066 part 7) and the aerosol is fractionated in the particle size classes > 10 µm, 10 to 2.5 µm and < 2.5 µm. Due to a relatively high volume flow (ca. 3.2 m³/h, depending on exhaust gas conditions), sampling times are kept short (for dust concentrations of 10 mg/m³(i. N.) only 30 min).*

## 1 Einleitung

Die Tochterrichtlinie „über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft" [1] zur Rahmenrichtlinie der EU zur Luftqualitätsüberwachung sieht anstatt der bislang durchgeführten Überwachung der Massenkonzentration des Gesamtschwebstaubes die Einführung neuer Immissions-Grenzwerte für die Schwebstaubfraktionen mit einem aerodynamischen Durchmesser < 10 µm (PM 10) und < 2,5 µm (PM 2.5) vor.

Anthropogene Quellen von Partikeln in der Außenluft sind neben dem indirekten Beitrag durch Emissionen gasförmiger Schadstoffe und Gas-zu-Partikel-Umwandlungen in der Atmosphäre die direkten Emissionen durch industrielle Prozesse sowie Verbrennungsvorgänge. Diese Emissionen können als Gesamtstaub nach verschiedenen Methoden, u. a. mit einem Planfilterkopfgerät nach VDI 2066 Blatt 7 [2] bestimmt werden. Zur Ermittlung der Massengrößenverteilungen dieser Partikelemissionen wurden Messungen im Kamin mit Kaskadenimpaktoren oder Kaskadenzyklonen durchgeführt [3; 4].

Infolge der durch Emissionsminderungsmaßnahmen inzwischen erreichten sehr geringen Konzentrationen an Gesamtstaub sind kommerziell erhältliche Kaskadenimpaktoren oder -zyklone nur bedingt für die Bestimmung von PM 10 und PM 2.5 geeignet. Sie erfordern die Auswertung mehrerer Stufen. Durch die Partikelverteilung auf viele Stufen und einen Volumenstrom von ca. 1 m³/h werden für die Reingasmessungen häufig Sammelzeiten von mehr als 24 h benötigt, um wägbare Staubmassen zu erhalten.

Um praxisgerechtere Messungen zu ermöglichen, wurde an der Gerhard Mercator Universität Duisburg (GMU) in Zusammenarbeit mit dem Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA) ein neuer PM 10/PM 2.5-Kaskadenimpaktor (GMU-Impaktor *johnas*) für in-stack-Messungen ausgelegt, konstruiert und mit monodispersen sowie polydispersen Partikeln kalibriert.

## 2 Theoretische Grundlagen zur Impaktorauslegung

Die Auslegung des Impaktors wurde nach der Theorie von *Marple* [5; 6] durchgeführt. Danach läßt sich der Trenndurchmesser $d(ae)_{50}$ einer Impaktorstufe berechnen mit:

$$d(ae)_{50} = \sqrt{\frac{9\pi\, Stk_{50}\eta\, d_j^3 N_i}{4C\rho_p \dot{V}}} \qquad (1)$$

mit
Stokeszahl $Stk_{50} = 0{,}24$,
$\eta$ dynamische Viskosität,
$d_j$ Düsendurchmesser,
$N_i$ Düsenanzahl,
$C$ Slipkorrekturfaktor,
Partikeleinheitsdichte $\rho_p = 1000$ kg/m³,
$\dot{V}$ Volumenstrom.

Neben den konstanten Größen Stokeszahl, Düsendurchmesser, Düsenanzahl und Einheitsdichte wird der Trenndurchmesser einer Impaktorstufe außer vom Volumenstrom noch von dynamischer Viskosität und Slipkorrektur bestimmt, die je nach Abgasbedingungen unterschiedliche Werte annehmen. Die dynamische Viskosität des Gasgemisches $\eta$ ist einerseits abhängig von der Temperatur ($T$), andererseits über die Einzelviskositäten $\eta_i$ auch abhängig von der Abgaszusammensetzung [3]:

$$\eta(T) = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_i \eta_i(T)\sqrt{M_i T_{krit.,i}}}{\sum_{i=1}^{n} r_i \sqrt{M_i T_{krit.,i}}} \qquad (2)$$

mit

$$\eta_i(T) = \eta_{i,0}\sqrt{\frac{T}{T_0}}\,\frac{1+S_i/T_0}{1+S_i/T} \qquad (3)$$

*Astrid C. John*, Dr. rer. nat. *Thomas A.J. Kuhlbusch*, Prof. Dr.-Ing. *Heinz Fißan*, Prozeß- und Aerosolmeßtechnik, Gerhard Mercator Universität (GMU) Duisburg. Prof. Dr.-Ing. *Günter Bröker*, Dr. *Karl-Josef Geueke*, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen.