

Hans Hartmann und Paul Roßmann, Straubing, Stephan Ester, Bad Wünnenberg, sowie Michael Struschka, Stuttgart

# Schnellbestimmung von Staub-Grenzwertüberschreitungen

*Überhöhte Staubemissionswerte von Holzfeuerungen könnten zukünftig schon vor Ort vom Kaminkehrer festgestellt werden. Hierzu wurde ein Schnellbestimmungsverfahren entwickelt und erprobt. Dazu wird die mit zunehmender Filterverschmutzung beobachtete Zunahme des Druckverlustes über dem Filter einer konventionellen Staubmesssonde gemessen. In einer Feldversuchs- und einer Prüfstandsmessserie wird gezeigt, dass bei einem Differenzdruck von 24 (36) hPa nur noch 47 (16) % der Filterhülsen mit dem üblichen mehrwöchigen Zeitverzug gravimetrisch ausgewertet werden müssten.*

Dr. Hans Hartmann leitet das Sachgebiet „Technologie Nachwachsender Rohstoffe“ am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, dem auch Paul Rossmann angehört; Schulgasse 18, 94315 Straubing; e-mail: [hans.hartmann@tfz.bayern.de](mailto:hans.hartmann@tfz.bayern.de).

Dr. Stephan Ester ist Geschäftsführer der Firma Wöhler MGKG GmbH, Bad Wünnenberg.

Dr. Michael Struschka ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD) der Universität Stuttgart.

## Schlüsselwörter

Holzfeuerung, Staubemissionen, Emissionsüberwachung

## Keywords

Wood combustion, dust emissions, emission control

Überhöhte Staubemissionswerte stellen bei kleineren Holzfeuerungen die häufigste Ursache für Beanstandungen durch den Kaminkehrer dar. Bei dem hierbei eingesetzten Messverfahren muss die Beladung einer vorgewogenen Filterhülse in einem Zentrallabor durch Wägung vor und nach der Probenahme bestimmt werden, somit kann diese Diagnose erst nach mehrwöchiger Verzögerung an den Betreiber mitgeteilt werden. In den letzten Jahren wurde daher an einer Methode zur sofortigen Feststellung einer Grenzwertüberschreitung für Staub gearbeitet. Einen technischen Lösungsansatz bietet nun die Firma Wöhler MGKG GmbH. Er basiert auf folgender Idee im „Arbeitskreis Holzfeuerung“ des TFZ.

### Die Grundidee

Beim Delta-p-Verfahren wird die mit zunehmender Filterverschmutzung beobachtete Zunahme des Druckverlustes über dem Filter einer konventionellen Staubmesssonde während des üblichen Abgas-Probenahmezeitraumes über 15 Minuten bestimmt, wobei der abgesaugte Gasdurchsatz gerätebedingt konstant bleibt. Der Druckverlust am Staubfilter wird als Differenzdruck (Delta-p) zum Umgebungsdruck bestimmt. Anhand der gemessenen Druckdifferenz soll bereits vor der Rückwaage der beladenen Filterhülse auf eine mögliche Überschreitung der Emissionsbegrenzung für Staub geschlossen werden (Bild 1). Dazu müsste allerdings ein Schwellenwert gefunden werden, bei dem der Staubgrenzwert der 1. BImSchV (150 mg/Nm<sup>3</sup>) mit ausreichender Wahrchein-

lichkeit unterschritten ist. Die Delta-p-Funktion könnte mit einem Mehraufwand von rund 350 € an beliebige Kaminkehrermessgeräte nachgerüstet werden.

### Erprobungen

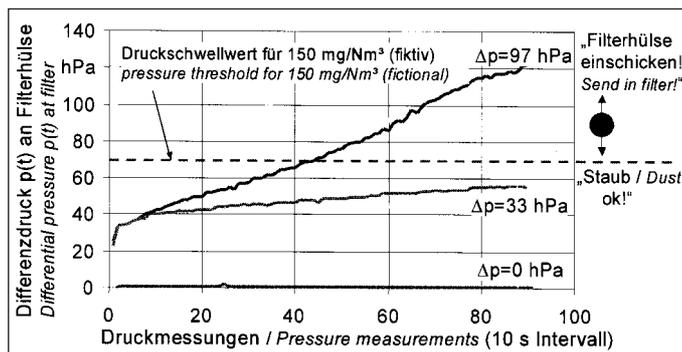
Ein erster Prototyp des Delta-p-Messverfahrens war bereits 2001 am Prüfstand des TFZ erprobt worden. Hier hatte sich in einer Serie von insgesamt 137 Messungen an einer konventionellen 50 kW-Hackschnitzelfeuerung ein klarer statistischer Zusammenhang zwischen dem Delta-p-Wert und der gravimetrischen Staubbestimmung gezeigt. Daher kam es in 2002/2003 zu einem breit angelegten Feldversuch mit vier verbesserten Messgeräten, die von 25 geschulten Kaminkehrern in 363 Messungen in Bayern an zufällig ausgewählten Anlagen im Rahmen der regulären Überwachungsmessungen eingesetzt wurden. Eine Auswertung dieser Messungen hatte gezeigt, dass ein Optimum für den zu findenden Differenzdruck-Schwellenwert bei 24 hPa liegt. Um das gefundene Schwellenwertoptimum für zukünftige Überwachungsmessungen zu verifizieren, wurden weitere 135 Staubmessungen in der Praxis und am Feuerungsprüfstand an insgesamt 18 Feuerungsanlagen durchgeführt, wobei dieses Mal das IVD und das TFZ die ausführenden Messinstitute waren.

### Ergebnisse

Zwischen den Delta-p-Werten und den gleichzeitig gravimetrisch bestimmten Staubkonzentrationen zeigt sich nun ein

*Bild 1: Grundüberlegungen für die Anwendung des Delta-p-Verfahrens zur sofortigen Staubemissionsbewertung*

*Fig. 1: Basic considerations for the application of the Delta-p-method for instantaneous dust emission evaluation*



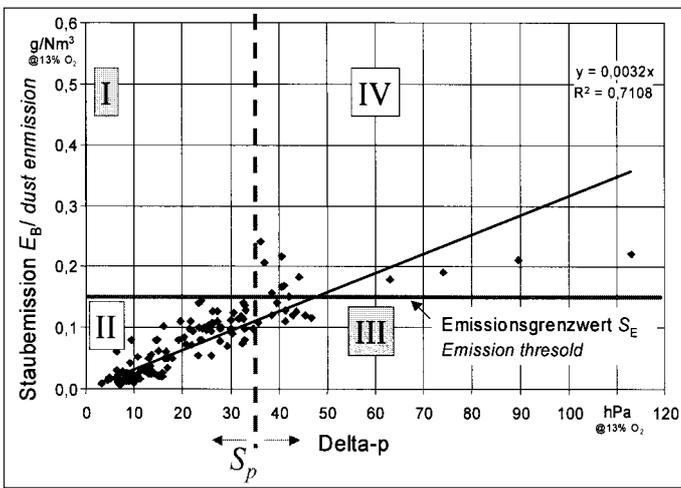


Bild 2: Korrelation der gravimetrisch bestimmten Staubemission mit dem Delta-p-Wert

Fig. 2: Correlation of the gravimetric dust determination with the Delta-p-value

deutlich verbesserter statistischer Zusammenhang (Bild 2). Die dargestellte Reststreuung ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass sich die gemessenen Staubemissionswerte immer auf die Partikelgesamtmasse beziehen, während der Differenzdruck von weiteren Staubeigenschaften, wie Teilchengröße, -form und -dichte und von den Filtereigenschaften beeinflusst sein kann.

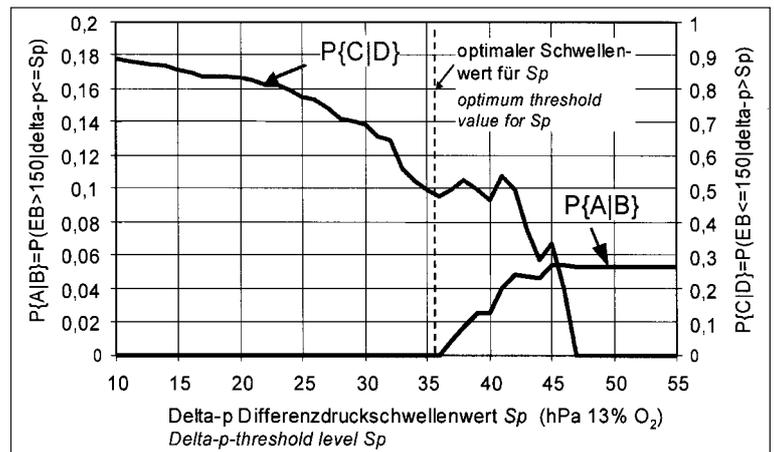
Für die Beurteilung des Delta-p-Verfahrens kommt es aber weniger auf eine exakte Messwertkorrelation als auf die Identifikation eines kritischen Differenzdrucks an. Dieser Schwellenwert  $S_p$  (Grenzwert) sollte auf einem Niveau festgelegt werden, bei dem einerseits eine möglichst geringe Fehlerquote vorliegt und andererseits auch eine geringe Anzahl von Filterhülsen unnötigerweise zur Rückwaage eingeschickt werden muss. Hierzu wurde eine Analyse der Wahrscheinlichkeit für eine Falschbeurteilung bei veränderlichen Schwellenwerten durchgeführt, zu dessen Vorgehen Bild 2 eine Erläuterung bietet. In den dargestellten vier Quadranten (I bis IV) werden die möglichen Kombinationen für eine Zuordnung der Staubemissions- ( $E_B$ ) und Delta-p-Messwerte aufgeführt, wobei  $S_p$  den zu findenden Schwellenwert für die Überwachung und  $S_E$  den dazu gehörigen Emissionsgrenzwert für Kleinfeuerungen von  $150 \text{ mg/Nm}^3$  bei  $13\% \text{ O}_2$  darstellen. Liegt ein Wertepaar im Bereich I (hier zum Beispiel bei einem Schwellenwert  $S_p$  über  $36 \text{ hPa}$ ), so würde die Grenzwertüberschreitung nicht durch den Delta-p-Messwert erkannt. Für diesen Bereich muss folglich die bedingte Wahrscheinlichkeit  $P\{E_B > 150 \text{ mg/Nm}^3 \mid \text{Delta-p} \leq S_p\}$  durch geeignete Wahl von  $S_p$  minimiert werden. Die Schreibweise  $P\{E_B > 150 \text{ mg/Nm}^3 \mid \text{Delta-p} \leq S_p\}$  bezeichnet die Wahrscheinlichkeit für das Ereignis  $E_B > 150 \text{ mg/Nm}^3$ , wenn das Ereignis  $\text{Delta-p} \leq S_p$  eingetreten ist. Eine solche Minimierung hat aber zwangsläufig zur Folge, dass die Wertepaare im dritten Quadranten (III) zunehmen. Sie stellen die Messungen dar, zu denen die Filterhülsen beim jeweiligen Schwellenwert unnötigerweise zur Rückwaage eingeschickt würden.

Bild 3 zeigt den Verlauf dieser beiden bedingten Wahrscheinlichkeiten  $P\{A|B\}$  und  $P\{C|D\}$  für ansteigende Schwellenwerte  $S_p$  im Bereich von  $10$  bis  $55 \text{ hPa}$ . Daraus wird ersichtlich, dass das Optimum für den gesuchten Schwellenwert bei etwa  $36 \text{ hPa}$  zu finden ist. Hier liegt die „Fehlerwahrscheinlichkeit“  $P\{A|B\}$  für eine Anlagenbeurteilung nach der Delta-p-Methode noch bei Null, während die Wahrscheinlichkeit für eine unberechtigte gravimetrische Auswertung der Staubhülse  $P\{C|D\}$  ebenfalls schon relativ niedrig ist. Für das dargestellte Datenmaterial bedeutet dies konkret, dass bei einem Schwellenwert von  $36 \text{ hPa}$  für  $114$  von  $135$  Anlagen die Einhaltung des Staubgrenzwertes schon vor Ort festgestellt werden kann, wobei es in keinem Fall zu einer Fehldiagnose käme. Von den über dem Schwellenwert liegenden Messwerten würde bei zehn von  $21$  Anlagen unnötigerweise eine Filterwiegung durchgeführt werden. In Bild 3 entspricht das einer Wahrscheinlichkeit  $P\{C|D\}$  von  $0,48$  für das Ereignis  $P\{E_B \leq 150 \text{ mg/Nm}^3 \mid \text{Delta-p} > S_p\}$ .

In den vorangegangenen Feldversuchen hatte der optimale Schwellenwert wegen der hohen Messwertstreuung noch bei  $24 \text{ hPa}$  gelegen. Demzufolge liegt das zu suchende Optimum für den derzeitigen Staubgrenzwert von  $150 \text{ mg/Nm}^3$  bei  $24$  bis  $36 \text{ hPa}$ . Für den Fall, dass der Staubgrenzwert der 1.BImSchV in der Zukunft einmal geändert wird, kann der Schwellenwert auf Basis des

Bild 3: Bedingte Wahrscheinlichkeiten  $P\{A|B\}$  und  $P\{C|D\}$  in Abhängigkeit vom Differenzdruck-Schwellenwert  $S_p$

Fig. 3: Conditional probabilities  $P\{A|B\}$  and  $P\{C|D\}$  as a function of differential threshold level for  $S_p$



vorhandenen Datenmaterials problemlos angepasst werden.

## Fazit

Die Ergebnisse zeigen den inzwischen erreichten hohen Entwicklungsstand des Verfahrens. Sie legen außerdem nahe, dass eine „Sofortbewertung“ von Staubmesswerten anhand des vor Ort ablesbaren Differenzdrucks (Delta-p-Messwert) erfolgen könnte, so dass nur noch ein Teil der in der Praxis (im gleichen Gerät) verwendeten Filterhülsen zur gravimetrischen Auswertung eingeschickt werden müsste. Damit wäre ein hoher Nutzen für die Praxis gegeben. Eine direkte Umrechnung der Differenzdruckmessung in einen Staubmesswert ist dagegen nicht beabsichtigt und war auch nicht Ziel der Verfahrensentwicklung.

## Literatur

- [1] Hartmann, H., V. Schmid, H. Link, P. Roßmann, T. Decker, S. Ester, H. Wazula und G. Schmoeckel: Vereinfachte Überwachung der Staubemissionen bei Holzkleinfeuerungsanlagen (Delta-p-Methode). Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (Hrsg.), München, 2005, Reihe „Materialien“, Nr. 183, 90 S.

## Förderung

Die Arbeiten wurden in verschiedenen Forschungsprojekten vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (BayStMUGV) sowie vom Umweltbundesamt Berlin gefördert und mit Unterstützung des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz (LFU) sowie des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV) durchgeführt.