

Verschärfte Grenzwerte für Feinstaubemissionen

Messverfahren nach der 1.BImSchV

Dr. Stephan Ester, Geschäftsführer

Christian Beyerstedt, Bereichsleiter Produktmanagement

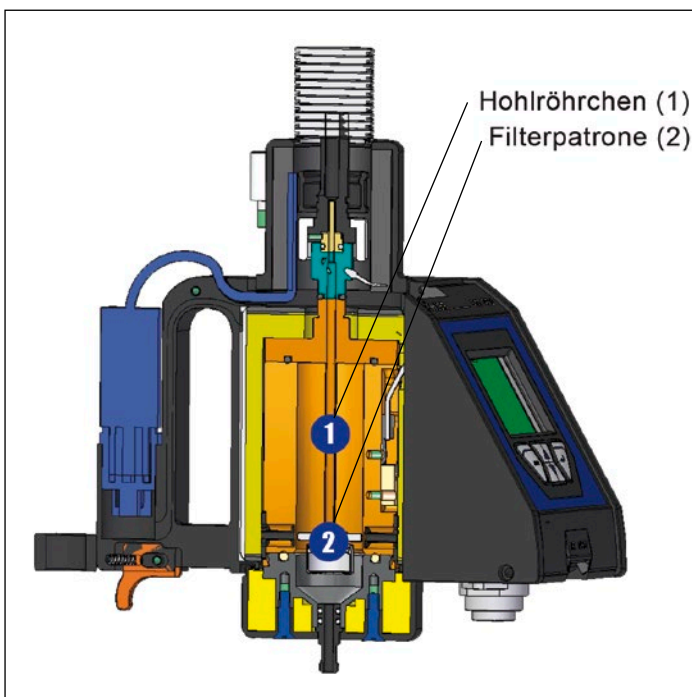


Abb. 1: Federpendel mit aufgesetzter Filterpatrone

Unbestritten ist, dass Feinstaubemissionen auch aus kleinen und mittleren Feuerungsanlagen ein erhebliches Risiko für die Gesundheit der Bevölkerung darstellen. Daher war es das oberste Ziel des Novellierungsverfahrens zur 1. Bundesimmissionsschutz-Verordnung, Emissionen aus Feststofffeuerungen einzugrenzen und zu minimieren. Mit der Novelle der 1.BImSchV^[1], die am 22. März 2010 in Kraft trat, wurde nicht nur der Betreiber stärker in die Verantwortung genommen, sondern die Grenzwerte für Feinstaubemissionen wurden explizit verschärft.

So legt der Gesetzgeber die Grenzwerte bis zu 20 mg/m^3 in der Stufe 2 in den kommenden Jahren für Feststofffeuerstätten fest. Im Vergleich dazu dürfen „alte“, bestehende Feuerstätten bis zum Ende der Übergangszeit noch bis zu 150 mg/m^3 aufweisen.

Tab.1 listet diejenigen Brennstoffe auf, die gemäß 1.BImSchV in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen eingesetzt werden dürfen, sowie die daraus resultierenden Grenzwerte in Abhängigkeit der Nennwärmeleistung der Feuerung.

Die neuen verschärften Grenzwerte stellten eine Herausforderung an die Messtechnik dar, denn das bisherige manuelle Messverfahren war nur bis zu einem Grenzwert von 150 mg/m^3 ausgelegt.

Die dritte Spalte der Tab.1 zeigt auch, dass nicht nur die Emissionsgrenzwerte sondern auch die Nennwärmeleistung der zur Beurteilung der Überwachungspflicht drastisch abgesenkt wurde. Waren früher handbeschildete Kessel bzw. mechanisch beschildete Kessel ab einer Nennwärmeleistung von 15 kW und mehr messpflichtig,

so müssen nun schon Kessel ab 4 kW regelmäßig überwacht werden. Daher bestand die dringende Notwendigkeit, ein neues Messverfahren zu entwickeln, das bei der Überwachung der stark abgesenkten Grenzwerte empfindlicher und genauer arbeitet.

Aufgrund der steigenden Zahl von Überwachungen muss das Verfahren wirtschaftlicher sein.

Im diesem Vorfeld entstand die Richtlinie VDI 4206 Blatt 2^[2], die die messtechnischen Mindestanforderungen für die neuen Staubmessgeräte regeln sollte.

ENTWICKLUNG

Die Firma Wöhler verfügt seit den 1970er Jahren über besondere Kompetenz im Bereich der Feinstaubmessung. So lag es nahe, das Know How zu nutzen und weiter auszubauen, um mit einem neuen Messverfahren die Anforderungen der neuen 1.BImSchV zu erfüllen.

Seit 2009 entwickelte Wöhler in Kooperation mit dem Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK-Universität Stuttgart)^[3] ein neues Staubmessverfahren. Bei diesem Verfahren wird das Messergebnis unmittelbar nach der Messung direkt vor Ort ausgewertet und angezeigt.

Somit entfällt die klassische Auswertung der Filterhülsen in einem deutschen Zentrallabor. Beim bisherigen Verfahren bedeutete diese Auswertung immer einen Zeitverlust, sodass es im Beanstandungsfall oft schwierig war, Nachmessungen zeitnah durchführen zu können. Das Online-Messverfahren verbessert diese Situation, sodass der Kunde sofort über den Zustand seiner Feuerungsanlage informiert werden kann. Der Aufwand verringert sich erheblich, denn die Feststoffmessung ist wesentlich einfacher und damit auch wirtschaftlicher durchzuführen.

MESSPRINZIP

Das eingesetzte Messprinzip ist ein echtes gravimetrisches Messverfahren. Das bedeutet, dass die in der Filterpatrone abgeschiedene Partikelmasse direkt gemessen und sofort auch als Gewichtsmasse angezeigt wird. Die mehrfach verwendbare Filterpatrone wird auf den Filterhalter eines federnden Hohlröhrchens aufgesetzt. Dabei wird das Prinzip des Federpendels ausgenutzt (Abb.1). Ein Spulensystem versetzt das Federpendel in Schwingung. Die Schwingfrequenz ω_0 der Filterpatrone wird mit einem Mikrokontroller sehr genau gemessen. Erhöht sich nun die Masse der kaum wahrnehmbar schwingenden Filterpatrone zusätzlich

	BRENNSTOFF NACH § 3 Absatz 1	NENNWÄRMELEISTUNG (Kilowatt)	STAUB (g/m ³)	CO (g/m ³)
STUFE 1 Anlagen, die nach dem 22. März 2010 errichtet werden	Nummer 1 bis 3a	$\geq 4 \leq 500$	0,09	1,0
		> 500	0,09	0,5
	Nummer 4 bis 5	$\geq 4 \leq 500$	1,10	1,0
		> 500	1,10	0,5
	Nummer 5a	$\geq 4 \leq 500$	0,06	0,8
		> 500	0,06	0,5
	Nummer 6 bis 7	$\geq 30 \leq 100$	0,10	0,8
		$> 100 \leq 500$	0,10	0,5
> 500		0,10	0,3	
Nummer 8 und 13	$\geq 4 < 100$	0,10	1,0	
STUFE 2 Anlagen, die nach dem 31.12.2014 errichtet werden	Nummer 1 bis 5a	≥ 4	0,02	0,4
	Nummer 6 bis 7	$\geq 30 \leq 500$	0,02	0,4
		> 500	0,02	0,3
	Nummer 8 und 13	$\geq 4 < 100$	0,02	0,4

Abweichend von Satz 1 gelten bei Feuerungsanlagen, in denen ausschließlich Brennstoffe nach § 3 Absatz 1 Nummer 4 in Form von Scheitholz eingesetzt werden, die Grenzwerte der Stufe 2 erst für Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2016 errichtet werden.

Tab. 1: Grenzwerteübersicht für die jeweiligen festen Brennstoffe; Kohle (1, 2 und 3), naturbelassenes Holz (4, 5 u. 5a), Holzwerkstoffe, Stroh und Getreide (6, 7 u. 8)

durch die Abscheidung von Staubpartikeln, so verringert sich nach Gleichung 1 die Schwingfrequenz ω_0 . Gleichung 1 gibt daher auch bereits die prinzipielle Umrechnungsvorschrift zur Bestimmung der Masse aus der Schwingfrequenz ω_0 an. Die Konstante D in Gleichung 1 beschreibt hier vereinfachend die Federkonstante des Hohlröhrchens.

$$\text{Gleichung 1: } \omega_0 = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

ω_0 : Kreisfrequenz des Federpendels
 m : schwingende Masse, einschließlich Partikelmasse
 D : Federkonstante des Hohlröhrchens



Abb.2: Grafische Darstellung der Messwerte auf dem Farbdisplay am Messgerät

ZULASSUNGEN

Im Sommer 2012 konnte das Staubmessgerät SM 500 als geprüft und vom Umweltbundesamt als für die 1.BImSchV geeignet der Öffentlichkeit bekanntgegeben werden.

Die TÜV Prüfung erfolgte im Winter 2011 und die Zulassung des Messgerätes wurde mit Bekanntgabe im Bundesanzeiger am 6. Juli 2012 erstmalig veröffentlicht; im ersten Schritt direkt für alle Grenzwerte der 1.BImSchV (Stufen 1 und 2, Tab.1) der 1.BImSchV für die Brennstoffe 4 bis 8. Am 12. Februar 2013 erfolgte dann schließlich die Bekanntgabe im Bundesanzeiger für alle Brennstoffe 1 bis 8 also nun auch für Kohle, Stroh und ähnliche Brennstoffe. Die TÜV-Prüfung ergab, dass das Messgerät die Anforderungen an die Genauigkeit nach VDI 4206 Blatt 2 gut erfüllt.

Ein wichtiges Kriterium ist hierbei die erweiterte Messunsicherheit U (Abb.3).

Sie ist ein verschärfter Kennwert zur normalerweise auch als Streuung bekannten einfachen Unsicherheit u . Die einfache Unsicherheit oder auch Streuung bzw. Standardabweichung gibt ein Band um den Sollwert an, in dem (bei Normalverteilung) 68 % aller Messwerte liegen müssen. Die erweiterte Messunsicherheit fordert in diesem

Fall ein Intervall, in dem 95 % aller Messwerte um den Sollwert liegen müssen. Dieses Band muss daher in der Regel größer sein, vergleiche Abb.3 unten mit Abb.3 oben.

PRAXISEINSATZ

Doch genauso wichtig ist, dass das Messgerät sich bei wechselnden Einsatz-tätigkeiten als praxistauglich erweist. Daher wurde bei der Entwicklung des Wöhler SM 500 viel Wert auf die Bedienerfreundlichkeit gelegt. Das Bedienpult im vollausgestatteten Messkoffer lässt sich auf eine bequeme Arbeitshöhe einstellen und das Display ist gut ablesbar. Für Mess-

Messungen bei mindestens 60 °C Kesseltemperatur und bei handbeschickten fünf Minuten nach Aufgabe der nach Herstellerangaben größtmöglichen Brennstoffmenge durchgeführt werden. Die Messung des Staubgehalts erfolgt beim SM 500 Staubmessgerät gravimetrisch. Dazu wird ein definiertes Abgasvolumen 15 Min. lang in eine Filterpatrone gefördert. Dies geschieht über die Feinstaubsonde, die ohne zusätzliche Halterung einfach in der Messöffnung fixiert wird. Das Messgerät misst die Filterpatrone permanent aus, sodass der Nutzer die tatsächliche Staubmenge jederzeit ablesen kann (Abb.3). Dabei

darin, dass die schneeweißen Stäube durch Salzbildung bei der Verbrennung entstehen. Diese weißen Salze haben jedoch eine deutliche höhere Dichte als die schwarzen Rußpartikel und sind daher schwerer. Bereits während der Staubmessung werden zusätzlich die CO- und O₂-Werte ermittelt. Hierzu ist kein Sonden- oder Messgerätewechsel notwendig, da sich alle Komponenten im selben Koffer befinden und alle Messungen durch nur eine Messöffnung durchgeführt werden können. Es sind keine weiteren, separaten Messungen wie Luft- oder Brennstofffeuchte notwendig.

AUSWERTUNG

Das Ergebnis kann im Messgerät gespeichert und auf einem Thermoschnelldrucker ausgedruckt werden. Zudem besteht die Möglichkeit, die Daten über die integrierte USB-Schnittstelle auf einen Computer zu übertragen, um diese z.B. mit der Software auszuwerten (Abb.5).

WARTUNG

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Wartung, Pflege und halbjährliche Überprüfung auf den Prüfständen. Sehr angenehm für den Nutzer des Messgerätes ist es, dass alle Komponenten wie Ansaugschlauch, Ansaugsonde, Schwingröhrchen etc. aus robustem Material gefertigt sind, sodass das Messgerät am Feierabend einfach mit Bürsten und Ausblasbalg gereinigt werden kann. Für die Überprüfung auf den Prüfstellen ist lediglich eine Karat-Waage erforderlich, um die genaue Anzeige der Filterpatrone nachzumessen. Darüber hinaus wird mit der bestehenden Technik der Volumenstrom gemessen.

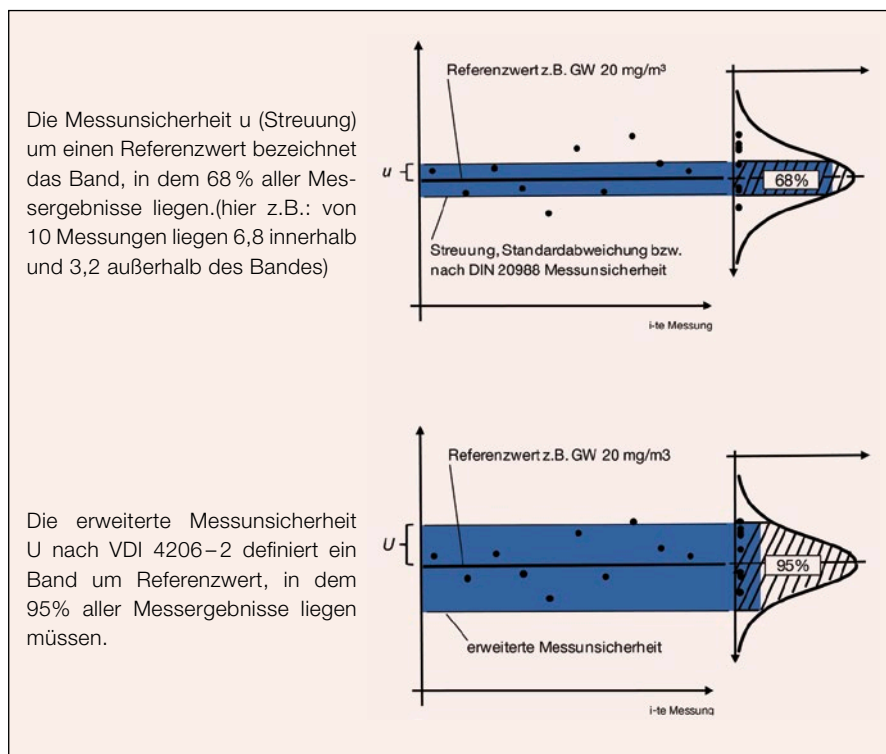


Abb.3: Vergleich von einfacher Messunsicherheit bzw. Streuung mit der erweiterten Messunsicherheit. In beiden Grafiken ist die Verteilung der 10 Messpunkte um den Referenzwert gleich.

einsätze in besonders kalter Umgebung bzw. Brennstofffeuchten über die Anforderungen der 1. BlmSchV hinaus, gibt es als Zubehör eine beheizte Sondenablage oder sogar eine Heizkartusche mit der auch die Staubentnahmesonde (3) vorgeheizt werden kann, siehe Block mit Funktionsprinzip (Abb.4). In der 1. BlmSchV - Anlage 2^[4] - werden die Anforderungen an die Durchführung der Messungen im Betrieb beschrieben. Demnach müssen die

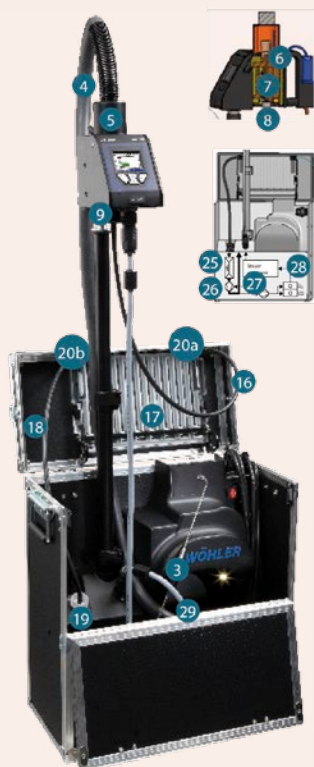
kann er zwischen einer numerischen oder grafischen Anzeige wählen. Am Ende der Messung wird die Staubbelaugung sofort als Viertelstunden-Mittelwert auf dem lichtstarken Farbdisplay angezeigt. Hierbei zeigt sich häufig, dass die schneeweißen und damit zunächst augenscheinlich saubereren Stäube im Vergleich zu den tiefschwarzen rußhaltigen Filterpatronen den Grenzwert tatsächlich häufiger überschreiten. Die Ursache liegt

FAZIT

Alles in allem vereinfacht und verkürzt das Staubmessgerät SM 500 aufgrund seiner ausgefeilten Technik die Staubbelaugung deutlich. Es bietet dabei absolute Messsicherheit und erfüllt die Anforderungen der derzeit gültigen einschlägigen Bestimmungen. Spätere Auswiegungen entfallen, Ergebnisse sind sofort vor Ort ablesbar und können dem Betreiber der Anlage unmittelbar erklärt

FUNKTIONSPRINZIP

Abb.4: Schematischer Aufbau des Staubmessgerätes SM 500 (Wöhler) mit Erläuterungen zum Messverfahren



Funktion des Staubmessgerätes

Das Abgas wird über die Staubentnahmesonde (3) und dem beheizten Ansaugschlauch (4) dem ebenfalls temperierten Wiegemodul (6) zugeführt. Zur Regelung des beheizten Ansaugschlauches befindet sich der Schlauchtemperatursensor (5) in der Verschraubung zwischen beheiztem Ansaugschlauch und oberem Eingang des Wiegemoduls. Im Wiegemodul ist die Filterpatrone (8) am Ende des Zuführröhrchens (7) auf dem Filterhalter aufgesteckt. Der Feinstaub scheidet sich während der Messung innen in der Filterpatrone ab, so dass aus der Staubmassenzunahme und dem abgesaugten Probevolumen der Staubgehalt des Abgases ermittelt wird. Das Abgas verlässt über den Verschlussdeckel (9) und den Schlauch „Wiegemodul - Abgaskondensator“ (16) den beheizten Bereich und gelangt zum Abgaskondensator (17). Dort strömt das Gas zunächst durch einen Vliesfilter (20a), kühlt sich in den Bohrkanälen weiter ab und kondensiert, bevor es über einen zweiten Vliesfilter (20b) und den Verbindungsschlauch „Abgaskondensator - Koffer“ (18) in den Messkoffer zur Pumpeinheit und Gasanalyse gelangt. Der Wattefilter (19) im Eingang des Koffers ist eine zusätzliche Sicherung gegen Kondensat und Stäube. Um die Drehschieberpumpe (26) auf konstanten Sollvolumenstrom zu regeln, befindet sich im Koffer eine entsprechende Messeinheit (25). Am Drehschieberpumpenausgang ist eine Membranpumpe (27) angeschlossen, die den Gassensoren (28) einen Teil des Abgases zur Gasanalyse zuführt. Der Abgasschlauch (29) leitet das abgesaugte Gas aus dem Gerät.

werden. Ein weiterer hilfreicher Aspekt für Servicetechniker ist, dass die Einstellung der Feuerstätten vor Ort dank der Messtechnik nun auch wesentlich einfacher vorgenommen werden kann. Der Techniker erkennt unmittelbar, welche Auswirkungen seine Einstellung an der Feuerstätte hat.

Auch zahlreiche Hersteller von Heizkesseln nutzen diese Messtechnik, um

bei der Entwicklung neuer Produkte die Erkenntnisse des Abbrandverhaltens genauestens nachvollziehen zu können. Das neue Messverfahren vereinfacht die Kontrolle der Feinstaubemissionen von kleinen und mittleren Feststofffeuerstätten erheblich. Es wird daher auf lange Sicht positive Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung der Atmosphäre haben, und das nicht nur in Deutschland.

Autor

Dr. Stephan Ester, Geschäftsführer
Christian Beyerstedt, Bereichsleiter
Produktmanagement/Marketing
Wöhler, 33181 Bad Wünnenberg
Fotos/Grafiken: Wöhler

www.woehler.de

Quellen

- 1) Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1.BImSchV, Stand März 2010)
- 2) VDI 4206 Blatt 2:2011-06 Titel (deutsch): Mindestanforderungen und Prüfpläne für Messgeräte zur Überwachung der Emissionen an Kleinfeuerungsanlagen - Messgeräte zur Ermittlung von partikelförmigen Emissionen
- 3) Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - IFK, Institute of Combustion and Power Plant Technology, Abteilung Reinhaltung der Luft, Department Air Quality Control
- 4) Anlage 2 (zu § 5 Absatz 1, §§ 7, 8, 10, 14 Absatz 4, § 15 Absatz 5, § 25 Absatz 2) Anforderungen an die Durchführung der Messungen im Betrieb - Feste Brennstoffe



Abb.5: Darstellung der Messwerte in der PC Software