

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Messen von Partikeln
Staubmessung in strömenden Gasen
Messung der Rußzahl an Feuerungsanlagen für Heizöl EL
Measurement of Particles
Dust Measurement in Flowing Gases
Measurement of Smoke Number in Furnaces Designed
for EL-Type Fuel Oil

VDI 2066

Blatt 8/ Part 8

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf der Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this Guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).
No guarantee can be given with respect to the English translation. The German version of this Guideline shall be taken as authoritative.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
1 Grundlage des Verfahrens	3
2 Geräte und Betriebsmittel	3
2.1 Geräte für die Probenahme	3
2.2 Geräte zur Förderung und Messung des Teilvolumens und des Teilvolumenstroms	6
2.3 Zubehör für die Probenahme	6
2.4 Einrichtungen zum Vermessen der Meßfilter.	6
2.5 Betriebsmittel	7
3 Aufbau der Probenahmeeinrichtung	7
4 Vorbereiten und Durchführen der Messung	8
4.1 Vorbehandlung der Filter	8
4.2 Einsetzen der Filter	8
4.3 Dichtheitsprüfung der Meßeinrichtung	8
4.4 Probenahme	8
5 Auswertung der Meßfilter	10
5.1 Bestimmung der Reflexionszahl	10
5.2 Berechnung der nach DIN 51 402-1 definierten Rußzahl aus der Reflexionszahl	10
6 Betriebsdaten und Verfahrenskenngrößen	13
7 Einsatzmöglichkeit	14
8 Kontinuierliche Verfahren zur Messung der Rußzahl	14
8.1 Meßverfahren, Aufbau und Funktionsweise	14
8.2 Auswahl und Einrichten der Einbaustelle	18
8.3 Inbetriebnahme und Funktionsprüfung	18
8.4 Kalibrieren der Meßeinrichtung	19
8.5 Statistische Auswertung der Meßdaten	20
8.6 Berichterstellung über die Kalibrierung	21
9 Einstellen der Geräte zur Grenzwertüberwachung	22
Schrifttum	23
Anhang A Rechenvorschrift für lineare Regression	24
Anhang B Beispiel für die Auswertung der Kali- brierung eines Streulichtmeßgerätes	25

Contents	Page
Preliminary Note	2
1 Principle of Method	3
2 Equipment and Operating Materials	3
2.1 Sampling Equipment	3
2.2 Equipment for Sucking and Measuring the Sample Gas Volume and Flow Rate	6
2.3 Sampling Accessories	6
2.4 Apparatus for Determining the Measuring Filter Reflectance	6
2.5 Operating Materials	7
3 Sampling Equipment Set-up	7
4 Preparation and Measurement Procedure	8
4.1 Pretreatment of Filters	8
4.2 Insertion of Filters	8
4.3 Leak Testing of Sampling Train	8
4.4 Sampling	8
5 Evaluation of Measuring Filters	10
5.1 Determination of Reflectance Number	10
5.2 Calculation of Smoke Number as Defined in DIN 51402-1 from the Reflectance Number	10
6 Operational Data and Performance Characteristics of Method	13
7 Field of Application	14
8 Continuous Methods of Measuring the Smoke Number	14
8.1 Measuring Methods, Set-up and Mode of Operation	14
8.2 Selection and Preparation of Measuring Location	18
8.3 Installation and Functional Test	18
8.4 Calibration of Measuring Instrument	19
8.5 Statistical Evaluation of Measured Data	20
8.6 Calibration Report	21
9 Setting up the Apparatus for Limit Monitoring	22
References	23
Annex A Procedure for Linear Regression Calculations	24
Annex B Example of Evaluation of Calibration of a Scattered-light Measuring Instrument	25

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN
Arbeitsgruppe Staubmessen in strömenden Gasen
Ausschuß Emissionsmeßverfahren

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 4

Vorbemerkung

Bei Feuerungsanlagen, die mit Heizöl EL entsprechend DIN 51603-1 [1] betrieben werden, sind hinsichtlich des Rußgehaltes im Abgas Emissionsgrenzwerte einzuhalten. Der Rußgehalt wird dabei in Form einer Rußzahl angegeben, deren Definition in DIN 51402-1 [2] festgelegt ist. In dieser Norm ist ein einfaches Konventionsmeßverfahren mittels Handrußpumpe zur Ermittlung der Rußzahl durch Einzelmessungen beschrieben. Dieses Meßverfahren ist vorrangig für die Überprüfung kleinerer Feuerungsanlagen konzipiert, die in den Geltungsbereich der 1. BImSchV [3] fallen.

Für Einzelfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung von 5 MW und mehr wird in der TA Luft [4] eine kontinuierliche Überwachung der Rußzahl gefordert. Die für diese Meßaufgabe eingesetzten Meßgeräte werden mit einem Konventionsverfahren kalibriert. Hierfür ist das Meßverfahren mit der Handrußpumpe nicht geeignet. So kann z.B. die Probenahme bei größeren Abgasquerschnitten nur in unmittelbarer Wandungsnähe erfolgen. Ferner können hohe Abgastemperaturen bei dem vorgeschriebenen Meßfilter aus Celluloseacetat zu einem leichten Ansengen und damit auch ohne Ruß zu einer Reflexionsänderung führen. Darüber hinaus ist das nach DIN vorgeschriebene Filterpapiermaterial nicht geeignet, den feinkörnigen Ruß einer EL-Feuerung quantitativ abzuscheiden [5]. Diese Fehlerquellen sind gerade im für die Meßaufgabe interessierenden unteren Meßbereich als besonders kritisch anzusehen.

In diesem Folgeblatt 8 der Richtlinie VDI 2066 wird daher ein modifiziertes Konventionsverfahren in Anlehnung an DIN 51402-1 beschrieben, das auf der Technik der Messung geringer Staubgehalte nach Richtlinie VDI 2066 Blatt 7 [6] aufbaut. Bei diesem Verfahren wird der Ruß quantitativ auf der Oberfläche eines Meßfilters abgeschieden. Sofern erforderlich, kann eine Meßprobe von mehreren Meßpunkten im Querschnitt entnommen werden.

Die Reproduzierbarkeit der Rußzahlbestimmung wird durch die Anwendung der Richtlinie VDI 2066 Blatt 8 im Vergleich zu dem Verfahren nach DIN 51402-1 verbessert.

Preliminary Note

In furnaces operated with EL-type fuel oil as specified in DIN 51603-1 [1], emission limit values have to be maintained for the soot content of the flue-gas. The soot content is specified in the form of a smoke number defined in DIN 51402-1 [2]. This standard describes a simple reference method using a manual soot pump for determining the smoke number by means of individual measurements. This test method is primarily designed for checking relatively small furnaces covered by the First Regulation on the Implementation of the German Federal Pollution Control Act [3].

For single furnaces having a heat output of 5 MW and over, the German Technical Instruction on Air Pollution Control [4] requires continuous monitoring of the smoke number. The measuring instruments used for this measurement task are calibrated by a reference method. The manual soot pump is not suitable for this purpose. Thus, for example, relatively large flue-gas cross sections can only be sampled in the immediate vicinity of a wall. Furthermore, high flue-gas temperatures may result in a slight singeing of the specified cellulose acetate test filter and consequently in a change in reflectance even without soot being present. In addition, the filter paper material specified in DIN 51402-1 is incapable of quantitatively removing the fine-grained soot from an EL-type furnace [5]. It is precisely in the lower measurement range which is of interest for this measurement task that these sources of error must be regarded as particularly critical.

Part 8 of Guideline VDI 2066 therefore describes a modified reference method along the lines of DIN 51402-1, which is based on the procedure for measuring low dust contents described in Guideline VDI 2066 Part 7 [6]. In this method, the soot is deposited quantitatively on the surface of a measuring filter. If necessary, a sample can be collected from several measurement points in the cross section.

The reproducibility of the smoke number determination obtained by applying Guideline VDI 2066 Part 8 is better than that obtained with the method described in DIN 51402-1.

1 Grundlage des Verfahrens

Grundlage des Verfahrens ist die Ermittlung der Rußzahl in den Abgasen von Heizöl EL gefeuerten Anlagen. Der Meßwert wird nicht gravimetrisch, sondern über die Änderung des Reflexionsvermögens des Meßfilters ermittelt. Unter definierten Entnahmebedingungen wird ein der Filterfläche angepaßtes Probevolumen entnommen und zur Vereinheitlichung auf trockenes Abgas im Normzustand bezogen. Der im Probevolumen enthaltene Ruß wird auf der Oberfläche eines Meßfilters abgeschieden. Anschließend wird das geänderte Reflexionsvermögen des Meßfilters in Form einer Reflexionszahl photometrisch bestimmt. Die Rußzahl nach DIN wird dann mittels eines Umrechnungsfaktors aus der Reflexionszahl berechnet. Der aus den geänderten Probenahmebedingungen resultierende Faktor wurde in umfangreichen Untersuchungen bestimmt. Das Ergebnis entspricht der in DIN 51402-1 definierten Rußzahl.

Im Normalfall befindet sich das Rückhaltesystem bei der Messung im Hauptvolumenstrom. Wenn sichergestellt ist, daß keine Kondensation auf dem Planfilter auftritt, kann auch mit außenliegendem Rückhaltesystem gearbeitet werden, wobei die Abgastemperatur 130 °C nicht unterschreiten sollte. In diesem Fall muß das Rückhaltesystem vor der Messung ausreichend vorgewärmt werden.

Das Meßfilter bedarf keiner Vorbehandlung und kann ohne weitere Nachbehandlung unmittelbar nach der Messung vor Ort ausgewertet werden.

2 Geräte und Betriebsmittel

Die gerätetechnische Ausrüstung lehnt sich weitgehend an die Bauteile an, die für das Meßverfahren nach Richtlinie VDI 2066 Blatt 7 [6] Verwendung finden.

2.1 Geräte für die Probenahme

Die Teile des Probenahme- und Rückhaltesystems¹⁾ müssen aus korrosions- und hitzebeständigem Material, z.B. Stahl der Werkstoff-Nr. 1.4571, gefertigt sein.

Entnahmesonde

Die Ausführungsform der Sonden kann den Festlegungen der Richtlinie VDI 2066 Blatt 7 entsprechen. Bild 1a und 1b zeigen als Beispiele zwei vermaßte Sonden.

Als wesentliche Randbedingungen der Probenahme muß ein Probevolumen von 5,75 l je cm² effektiver Filterfläche eingehalten werden.

¹⁾ Bezugsquelle: z.B. Fa. Sonmet, Nörvenich-Binsfeld;
Fa. USM, Essen

1 Principle of Method

The principle of the method is to determine the smoke number of the flue-gases from installations fired with EL-type fuel oil. The measured value is not determined gravimetrically, but from the change in the reflectivity of the measuring filter. A sample volume suitable for the filter area is collected under defined sampling conditions and normalized to the volume of dry flue-gas at standard conditions. The soot contained in the sample volume is deposited on the surface of a measuring filter. The change in the reflectivity of the filter is then determined photometrically in the form of a reflectance number. The DIN smoke number is then calculated from the reflectance number using a conversion factor. This factor, which is the result of the change in the sampling conditions, has been determined in the course of extensive studies. The result is equivalent to the smoke number defined in DIN 51402-1.

Normally, the retention system is located in the main volumetric flow during the measurement. If it is confirmed that no condensation occurs on the plane filter, an external retention system can be used, but the flue-gas temperature shall not drop below 130 °C. In this case, the retention system shall be adequately pre-heated prior to the measurement.

The measuring filter requires no pretreatment and can be evaluated on site immediately after the measurement without further post-treatment.

2 Equipment and Operating Materials

The apparatus and the equipment largely make use of those components which are used for the measuring method described in Guideline VDI 2066 Part 7 [6].

2.1 Sampling Equipment

The parts of the sampling system and the separator¹⁾ shall be made of corrosion- and heat-resistant material, for example steel having material number 1.4571.

Sampling probe

The design of the probes may conform to that specified in Guideline VDI 2066 Part 7. Figures 1a and 1b show examples of two probes with dimensions.

As an important boundary condition for sampling, the sample volume shall be kept at 5.75 l per cm² of effective filter area.

¹⁾ Obtainable from, e.g. Sonmet, Nörvenich-Binsfeld;
USM, Essen