

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Kalibrierung automatischer
Emissionsmeßeinrichtungen

VDI 3950

Blatt 1/Part 1

Calibration of Automatic
Emission Measuring Instruments

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

*Der Entwurf dieser 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
1 Zweck und Anwendungsbereich	2
2 Begriffsbestimmungen	5
2.1 Emission, Emissionsstrom, Emissionsstromdichte	5
2.2 Repräsentativität	5
2.3 Referenzmaterial	6
2.4 Justierhilfen	6
2.5 Vollständiges Meßverfahren	6
2.6 Konventionsverfahren	7
2.7 Probenahmestelle	7
2.8 Kalibrierfunktion	7
2.9 Gerätekenlinie	8
2.10 Analysenfunktion	8
2.11 Netzmessungen	8
3 Auswahl und Einrichten der Probenahmestellen	9
4 Überprüfen der Meßeinrichtungen	12
4.1 Überprüfen des Einbaus und der Ausstattung	12
4.2 Meßeinrichtungen mit extraktiver Probenahme	12
4.3 Meßeinrichtungen mit In-situ-Probenahme	16
4.4 Meßwertregistrierung und -verarbeitung	17
5 Kontrolle der Repräsentativität der Probenahmestelle	18
6 Ermitteln der Analysenfunktion des vollständigen Meßverfahrens durch Vergleichsmessungen und Regressionsanalyse	20
6.1 Geringe Streuung der Meßwerte (Punktehaufen)	21
6.2 Analysenfunktion für Meßgrößen mit großem Abstand zum Grenzwert	22
6.3 Geringe Abweichungen zwischen der inversen Gerätekenlinie und der Analysenfunktion des vollständigen Meßverfahrens	23
7 Auswertung und Berichterstattung	24
7.1 Statistische Auswertung	24
7.2 Berichterstattung über die Kalibrierung	27
8 Wiederkehrende Funktionsprüfung	28
8.1 Umfang der Funktionsprüfung	28
8.2 Durchführen der Funktionsprüfung für Meßeinrichtungen mit extraktiver Probenahme	29
8.3 Durchführen der Funktionsprüfung für Meßeinrichtungen mit In-situ-Probenahme	31
8.4 Überprüfen der Datenübertragung zum Auswertesystem	32
8.6 Führen des Kontrollbuches	32
8.6 Berichterstattung	32
Schrifttum	32
Anhang	33
A1 Lineare Regression	33
A2 Quadratische Regression	35

Contents	Page
1 Purpose and Scope	2
2 Definitions	5
2.1 Emission, Emission Flow, Density of Emission Flow	5
2.2 Representativity	5
2.3 Reference Material	6
2.4 Calibrating Aids	6
2.5 Complete Measuring Procedure	6
2.6 Convention Procedures	7
2.7 Sampling Point	7
2.8 Calibration Function	7
2.9 Instrument Characteristic	8
2.10 Analytical Function	8
2.11 Grid Measurements	8
3 Selection and Preparation of Measurement Sites	9
4 Checking the Measuring Devices	12
4.1 Checking the Installations and the Equipment	12
4.2 Measuring Instruments Using Extractive Sampling	12
4.3 Measuring Instruments with In-situ Sampling	16
4.4 Recording and Processing of Measured Data	17
5 Checking the Representativity of the Sampling Point	18
6 Determination of the Analytical Function of the Complete Measuring Procedure by Comparative Tests and Regression Analysis	20
6.1 Low Scatter of Measured Values (Point Accumulation)	21
6.2 Analytical Function for Measured Quantities with Large Distance from Limiting Values	22
6.3 Minor Deviations between the Inverse Instrument Characteristic and the Analytical Function of the Complete Measuring Procedure	23
7 Analysis and Reporting	24
7.1 Statistical Analysis	24
7.2 Calibration Report	27
8 Periodical Functional Test	28
8.1 Scope of Functional Test	28
8.2 Performing the Functional Test for Measuring Instruments with Extractive Sampling	29
8.3 Performing the Functional Test for Measuring Instruments with In-situ Sampling	31
8.4 Checking the Data Transmission to the Evaluation System	32
8.5 Keeping the Inspection Book	32
8.6 Reporting	32
References	32
Annex	33
A1 Linear Regression	33
A2 Quadratic Regression	35

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN
Arbeitsgruppe Kalibrierung automatischer Emissionsmeßeinrichtungen
Ausschuß Emissionsmeßverfahren

1 Zweck und Anwendungsbereich

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [1] ermächtigt in § 29 die zuständigen Behörden, anzuordnen, daß bestimmte Emissionen unter Verwendung aufzeichnender Meßgeräte fortlaufend ermittelt werden. Einzelheiten zur Anordnung kontinuierlicher Emissionsmessungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren sind in Rechts- und Verwaltungsvorschriften zum BImSchG festgelegt.

Für große Feuerungsanlagen (Feuerungswärmeleistung ≥ 50 MW, bei ausschließlichem Einsatz gasförmiger Brennstoffe ≥ 100 MW) gelten die Vorschriften der Großfeuerungsanlagen-Verordnung (13. BImSchV) [2]. Nach § 25 der Verordnung müssen Feuerungsanlagen für feste und flüssige Brennstoffe mit Meßeinrichtungen für staubförmige Emissionen, Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide und Schwefeldioxid ausgerüstet werden. Bei Feuerungsanlagen für gasförmige Brennstoffe wird nur eine kontinuierliche CO-Messung, bei sehr großen Anlagen (Feuerungswärmeleistung > 400 MW) auch eine NO_x -Messung verlangt.

Für Abfallverbrennungsanlagen gelten die Vorschriften der Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe (17. BImSchV [3]). Nach § 11 sind in Verbindung mit den §§ 4 und 5 die Anlagen mit Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung von Kohlenmonoxid, Gesamtstaub, organischen Stoffen, gasförmigen anorganischen Chlor- und Fluorverbindungen, Schwefel- und Stickstoffoxiden sowie des Volumengehaltes an Sauerstoff auszurüsten.

Für Oberflächenbehandlungsanlagen, Chemischreinigungs- und Textilausrüstungsanlagen sowie Extraktionsanlagen gelten die Vorschriften der Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (2. BImSchV [4]). Die §§ 3 bis 5 legen fest, wie die laufende Überwachung der genannten Anlagen durchzuführen ist.

Für genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen sind Auflagen zur kontinuierlichen Emissionsüberwachung in Nr. 3.3.1.2 der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) [5] enthalten. Für alle übrigen genehmigungsbedürftigen Anlagen ist in Nr. 3.2.3 TA Luft festgelegt, unter welchen Voraussetzungen Emissionen laufend überwacht werden sollen. Für die kontinuierlichen Messungen sind nur Meßeinrichtungen zugelassen, die in einer Eignungsprüfung die Einhaltung festgelegter Mindestanforderungen unter Beweis gestellt haben [6; 7].

1 Purpose and Scope

Article 29 of the Federal Immission Control Act (BImSchG) [1] empowers the responsible authorities to order that specific emissions are to be continuously determined by using recording type instrumentation. Details of the ordering of continuous emission measurements within the context of official authority approval are given in Legal Regulations and Administrative Rules to the BImSchG.

For large furnaces (firing thermal capacity ≥ 50 MW, using only gaseous fuels ≥ 100 MW) the regulations of the Large Furnace Order (13th BImSchV) [2] apply. According to article 25 of this Order, furnaces for solid and liquid fuels shall be equipped with measuring devices for particulate emissions, carbon monoxide, nitrogen oxides and sulphur dioxide. For furnaces using gaseous fuels a continuous measurement of CO is required, and in the case of very large installations (firing thermal capacity > 400 MW) the measurement of NO_x as well.

For waste incineration plants the regulations of the Order on Incineration Plants for Waste and Similar Combustible Materials (17th BImSchV) [3] apply. According to article 11 and in combination with articles 4 and 5, the facilities shall be equipped with measuring devices for continuous monitoring of carbon monoxide, total dust, organic substances, gaseous inorganic chlorine and fluorine compounds, sulphur and nitrogen oxides, as well as for the oxygen content.

For surface treatment facilities, dry cleaning and textile finishing facilities as well as extracting plants regulations of the Order on Emission Limitation of Highly Volatile Halogenated Hydrocarbons (2th BImSchV) [4] apply. Articles 3 to 5 prescribe the performance of continuous monitoring of the mentioned facilities.

For furnaces subject to licensing, conditions for continuous emission monitoring are contained in clause 3.3.1.2 of the Technical Instructions on Air Quality Control (TA Luft) [5]. For all other installations subject to licensing, clause 3.2.3 of TA Luft specifies the pre-conditions for continuous monitoring of emissions. Only measuring instruments which have successfully satisfied stated minimum requirements in a suitability test, are approved for continuous measurements [6; 7].

Bei vielen Anlagen ist es erforderlich, außer den Schadstoffkonzentrationen zur Normierung der Meßwerte auch verschiedene Bezugsgrößen kontinuierlich zu messen (z.B. bei Feuerungsanlagen: Abgastemperatur und Sauerstoffgehalt) [2; 5]. Wird außer den Schadstoffkonzentrationen im Reingas auch der Wirkungsgrad von Abgasreinigungsanlagen fortlaufend überwacht, so werden zusätzlich kontinuierliche Messungen im Rohgas erforderlich. Soll der Emissionsstrom erfaßt werden, ist zusätzlich die Bestimmung des Abgasvolumenstromes erforderlich.

Die Auswertung der kontinuierlichen Messungen erfolgt nach einem Schema, dessen Grundzüge in der 13. BImSchV bzw. in der TA Luft festgelegt sind, und vollzieht sich in mehreren Schritten [8]. Aus den Momentanwerten, die die Emissionsmeßgeräte liefern und die fortlaufend aufgezeichnet werden sollen, werden zuerst Mittelwerte, in der Regel Halbstundenwerte, gebildet. Diese Mittelwerte werden vor der Weiterverarbeitung auf Plausibilität geprüft. Außerdem werden verschiedene Statussignale abgefragt. Anschließend werden die Mittelwerte auf Bezugsgrößen (z.B. Temperatur, Druck, Sauerstoffgehalt) umgerechnet. Die normierten Mittelwerte werden ebenso wie die daraus gebildeten Tagesmittelwerte klassiert und über das Kalenderjahr fortlaufend als Summenhäufigkeit gespeichert. Mittelwerte, die aufgrund der Vorprüfung für die Klassierung nicht in Betracht kommen, werden in Sonderklassen erfaßt. Zu Kontrollzwecken sollen die gespeicherten Daten täglich aufgezeichnet werden. Grundlage der Beurteilung ist die Datenausgabe zum Jahreschluß. Einzelheiten des Auswerteverfahrens sind in bundeseinheitlichen Richtlinien festgelegt.

Die eingesetzten elektronischen Auswertesysteme müssen ebenfalls eignungsgeprüft sein [9].

Die Beurteilung der klassierten und zu Häufigkeitsverteilungen verdichteten Emissionsdaten erfolgt auf der Grundlage der in [2; 5] vorgegebenen Beurteilungskriterien. Es ist auf Nichtüberschreitung der festgelegten Emissionsgrenzwerte zu prüfen. Meßunsicherheiten dürfen nicht der zu überwachenden Anlage angelastet werden; sie werden bei der Auswertung zugunsten des Betreibers berücksichtigt [8]. Dabei spielen die Merkmale der Kalibrierung (Regression, Toleranz- und Vertrauensbereiche) eine wichtige Rolle [9].

In [2; 5] wird ferner die Einschaltung einer sachverständigen Stelle gefordert, die beim Einbau der Meßeinrichtung berät und über den ordnungsgemäßen Einbau eine Bescheinigung zur Vorlage bei der zuständigen Behörde ausstellt. Die sachverständige Stelle soll außerdem die Kalibrierung der für konti-

For many installations it is necessary to continuously measure various reference quantities in addition to the pollutant concentration, for normalization of measured values (e.g., in the case of furnaces: waste gas temperature and oxygen content) [2; 5]. If the efficiency of waste gas purification facilities is continuously monitored in addition to the pollutant concentrations in the pure gas, additional continuous measurements of the crude gas will be necessary. If the emission flow is to be measured, it is also necessary to determine the volume flow rate of the waste gas.

The evaluation of the continuous measurements proceeds in several steps in accordance with a procedure specified in the 13th BImSchV and in the TA Luft respectively [8]. First, mean values are formed — usually half-hourly means — from the measured signals obtained from the emission measuring instrument and continuously recorded. These average values are checked for plausibility before further processing. In addition various status signals are checked. In the next step the mean values are converted with respect to reference values (e.g., temperature, pressure, oxygen content). The normalized mean values as well as the daily means derived therefrom are then classified and stored as frequency distributions over the calendar year. Mean values deemed unsuitable for classification as a result of preliminary testing are registered in special classes. For checking the stored data shall be recorded daily. The data output obtained at the end of the year forms the basis of the assessment. Details of the assessment procedure are specified in standardized Federal Guidelines.

Electronic evaluation systems used have to be suitability tested too [9].

The assessment of the emission data, classified and condensed to frequency distributions, is carried out on the basis of the assessment criteria given in [2; 5]. Compliance with the specified emission limits shall be checked. Measuring uncertainties shall not be taken into account to the detriment of the installation to be monitored; during the assessment they are considered in favour of the operator of the installation [8]. In this case, the calibration characteristics (regression, tolerance limits and confidence limits) play an important role [9].

In [2; 5] consultation with an expert agency is required, which shall give advice on the installation of the measuring instrument and provide a certificate on the correct installation for submission to the relevant authority. The measuring instrument used for continuous measurements shall be calibrated by an