

Neue Regelungen im Bereich der Emissionsüberwachung

Fachtagung am 15. November 2006



**Bayerisches Landesamt
für Umwelt**

Augsburg, 2006 – ISBN-10: 3-940009-04-0; ISBN-13: 978-3-940009-04-3

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Zitiervorschlag:

Bayer. Landesamt für Umwelt (Veranst.):

Neue Regelungen im Bereich der Emissionsüberwachung (Augsburg 15.11.2006), Augsburg, 2006

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

© Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 2006

Gedruckt auf Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

Begrüßung	3
Dr. Bernd Matthes, Vizepräsident des LfU	
Neue Regelungen und Richtlinien im Bereich der Emissionsüberwachung	7
Gerald Ebertsch, LfU	
Erfahrungen und Lösungsansätze bei der Kalibrierung von kontinuierlichen Emissionsmessgeräten nach DIN EN 14181 in der Praxis	19
Dipl.-Ing. (FH) Rüdiger Kroggel, Müller-BBM GmbH, Planegg	
Die neue VDI 3950 (Entwurf Rev. 01) Ergänzungen / Präzisierungen zur DIN EN 14181	33
Dr. Michael Waeber, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München	
Messunsicherheit: Praktische Beispiele für die Anwendung der VDI 4219	43
Dipl.-Ing. Christian Mainx, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe	
DIN EN 15259 (Entwurf 08-2005) – Messplanung und Messstrategie	53
Dr. Michael Waeber, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München	
Einheitliche Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl	63
Rainer Schmitzer, Regierung von Mittelfranken	
Kontinuierliche Ermittlung von Betriebsgrößen – Alternative Methoden	73
Norbert Kraus, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Nürnberg	
Prüfung von Kalibrierberichten und Auswertekonzepte für die kontinuierliche Emissionswerterfassung	85
Angelika Schluckebier, Regierung von Oberbayern	
Tagungsleitung / Referenten	99
Programm	101

Begrüßung

Dr. Bernd Matthes, Vizepräsident des LfU

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen
von den umweltschutztechnischen Fachbehörden,

Sehr geehrte Damen und Herren
aus der Industrie,

Liebe Kolleginnen und Kollegen aus dem LfU,

ich möchte Sie heute anstelle unseres Präsidenten Herrn Prof. Dr. Göttle im Landesamt für Umwelt in Augsburg ganz herzlich zu unserer Fachtagung „Neue Regelungen im Bereich der Emissionsüberwachung“ begrüßen. Unser Präsident hätte gerne das Grußwort zu dieser Veranstaltung gesprochen, ist aber leider kurzfristig verhindert. Ich soll Ihnen aber allen seinen herzlichen Gruß ausrichten.

Mein Gruß und mein Dank gilt an dieser Stelle ganz besonders auch den externen Referentinnen und Referenten,

von der TÜV Industrieservice GmbH,

von der Fa. Müller BBM GmbH,

von der Regierung von Oberbayern und

von der Regierung von Mittelfranken,

die durch ihre Vorträge ihr Fachwissen für uns alle zur Verfügung stellen.

Besonders freue ich mich aber auch über das Mitwirken des Kollegen Herrn Mainx von unserer „Schwesterbehörde“ in Baden-Württemberg, der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz.

An dieser Stelle möchte ich auch gerne einmal hervorheben, dass ohne das Engagement unserer externen Referentinnen und Referenten solche Fachveranstaltungen nicht möglich wären. Herzlichen Dank deshalb noch mal für Ihr aktives Mitgestalten unserer Fachtagung. Ich denke wir konnten nicht zuletzt durch Sie ein attraktives Tagungsprogramm zusammenstellen.

Das Thema unserer heutigen Fachtagung „Emissionsüberwachung“ scheint für Außenstehende auf den ersten Blick ein „alter Hut“ zu sein.

Die Emissionsüberwachung von Anlagen, ist bei uns in Deutschland seit vielen Jahren in den entsprechenden Verordnungen und technischen Regeln verankert.

Von staatlicher Seite notifizierte Messstellen sorgen dafür, dass die Emissionsüberwachung nach dem Stand der Technik und – das ist mir besonders wichtig – von unabhängigen und besonders qualifizierten Stellen durchgeführt wird.

Die Ergebnisse der Emissionsüberwachung waren und sind für uns Umweltbehörden weiterhin eine der zentralen Entscheidungsgrundlagen für unser Handeln:

- Die Ergebnisse der Emissionsmessungen sind Entscheidungsgrundlage, wenn es um die Beurteilung von Umweltgefährdungen durch industrielle Tätigkeiten geht.
- Sie sind Entscheidungsgrundlage, wenn es um die Nachrüstung von Anlagen geht, z. B. bei der gerade anstehenden Sanierung von Anlagen nach der TA Luft 2002.

Solche Nachrüstungen können – und das wissen Sie sicherlich besser wie ich – mit erheblichen finanziellen Investitionen verbunden sein.

Diese Investitionen können vor dem Hintergrund der fortschreitenden Globalisierung letztendlich sogar Standort entscheidend für den zukünftigen Weiterbetrieb einer Anlage sein.

Damit habe ich aber noch längst nicht alle Aspekte der Emissionsüberwachung betrachtet. Wie sie alle wissen, werden die Emissionen von Anlagen des Anhangs I der europäischen IVU-Richtlinie – das entspricht im Wesentlichen unseren Anlagen der Spalte 1 im Anhang zur 4. BImSchV – im europäischen Schadstoffemissionsregister (EPER) geführt. Hierzu gibt es auch entsprechende Berichterstattungspflichten für die Anlagenbetreiber. Ab 2007 werden die Emissionsdaten ins neue Pollutant Release and Transfer Register (PRTR), dem Nachfolger von EPER übertragen.

Die Emissionsdaten aus den Schadstoffregistern sind grundsätzlich für alle zugänglich. So können die Emissionen gleichartiger Anlagen in den verschiedenen Mitgliedsstaaten miteinander verglichen werden. Schon aus diesen Gründen sind einheitliche Maßstäbe bei der Ermittlung der Emissionen in Europa erforderlich.

Weit wichtiger jedoch ist, dass die im Emissionsregister eingetragenen Emissionsdaten der Europäischen Kommission für zukünftige umweltpolitische Weichenstellungen wichtige Informationsgrundlagen liefern.

Vor diesem Hintergrund war und ist es unabdinglich, dass für alle Mitgliedstaaten die gleichen Regeln und Richtlinien bei der Ermittlung der Emissionen gelten.

In den vergangenen Jahren wurden deshalb von europäischer Seite erhebliche und vor allem dringend notwendige Anstrengungen zur Harmonisierung der Emissionsüberwachung unternommen. Solche harmonisierten Regelungen finden sich z. B. in den EU-Richtlinien für Abfallverbrennungsanlagen oder Großfeuerungsanlagen, aber auch in einer Vielzahl von europäischen Normen, die jetzt auch in Deutschland angewendet werden müssen.

Mit der Novellierung der 13. BImSchV und 17. BImSchV und der neuen „Richtlinie für die Bundes einheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen“ wurden die europäischen Vorgaben nun in deutsches Recht umgesetzt.

Damit ist der von mir eingangs erwähnte vermeintliche „Alte Hut“ der Emissionsüberwachung plötzlich zu einem brandaktuellen Thema geworden, das in einem neuen Gewand auftritt.

Dies besonders deshalb, da die neuen Regelungen vor allem bei der kontinuierlichen Emissionsüberwachung

- zu einschneidenden Änderungen,
- zu einem Mehraufwand und
- zu Umsetzungsschwierigkeiten in der Praxis führen.

Das zeigen die sehr vielen Fragestellungen, die an uns von allen Seiten, seien es

- unsere Genehmigungs- und Überwachungsbehörden,
- unsere Messstellen und
- last not least von den Betreiber der Anlagen,

die den Mehraufwand auch finanziell tragen müssen, herangetragen wurden.

Ich hoffe und wünsche mir deshalb, dass wir mit der heutigen Tagung für die vielen offenen Fragen und Umsetzungsschwierigkeiten einvernehmliche Lösungen auch im Sinne der Deregulierung finden werden. Als LfU wollen wir dazu gerne auch mit Vollzugshilfen zur Entlastung der Genehmigungs- und Überwachungsbehörden beitragen.

Bevor ich nun zum Schluss komme, möchte ich gerne noch anfügen, dass wir mit dieser Fachtagung auch dem Wunsch der Arbeitsgemeinschaft der Umweltschutzingenieure (AGU Bayern e. V.) nachgekommen sind, dieses Thema aufzugreifen.

Ich wünsche der Tagung einen guten Verlauf, gute Vorträge und fruchtbare Diskussionen und danke auch meinen Kollegen für die gute Vorbereitung der Tagung.

Neue Regelungen und Richtlinien im Bereich der Emissionsüberwachung

Gerald Ebertsch, LfU

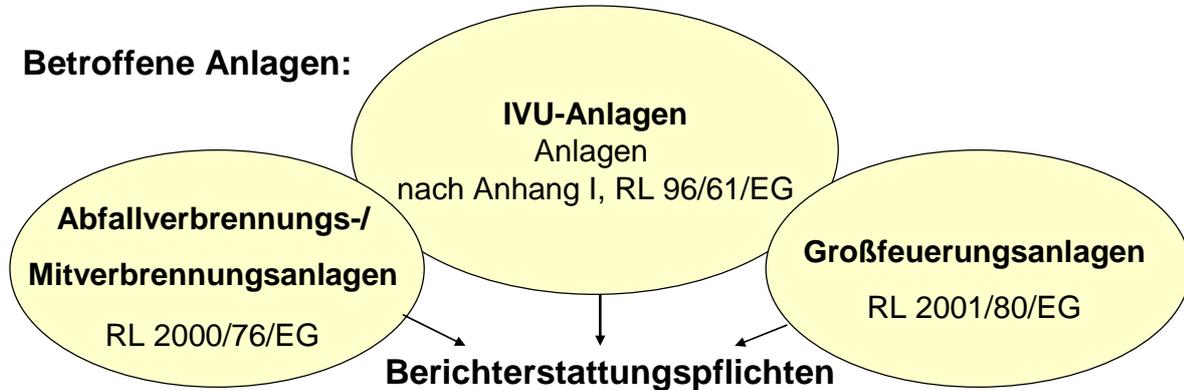
Agenda

- **Harmonisierung in Europa**
- **Umsetzung in Deutschland**
- **Regelungen im Einzelnen**
 - 13. BImSchV und 17. BImSchV
 - TA Luft 02
 - Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen
 - DIN EN 14 181 „Emissionen aus stationären Quellen – Qualitätssicherung für AMS“
 - Entwurf RL-VDI 3950 „Qualitätssicherung für automatische Mess- und elektronische Auswerteeinrichtungen“
- **Konsequenzen aus den neuen Regelungen**

Harmonisierung in Europa

Schaffung einheitliche Standards in der EU bei Anlagen, die größere Umweltverschmutzungen verursachen können

Betroffene Anlagen:



Harmonisierung in Europa

Einheitliche Standards bei der Messung und Beurteilung von Emissionen

- Regelungen in EU-Richtlinien (2000/76/EG u. 2001/80/EG)
- BREF „General Principles of Monitoring“
- CEN-Normen

Wesentliche Inhalte:

- **Qualitätssicherung von kontinuierlichen Messungen**

QAL 1: Eignungsprüfung kont. Messeinrichtungen

QAL 2: Verfahren zur Kalibrierung automatischer Messeinrichtungen, Variabilitätsprüfung

QAL 3: Laufende Qualitätssicherung beim Betrieb (Null- und Referenzpunktkontrolle)

AST : Jährliche Funktionsprüfung

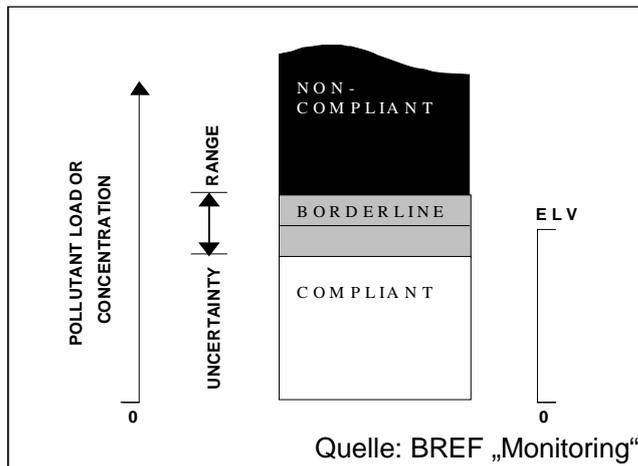
- **Anforderungen an die Messtechnik**

Verwendung europäischer Normen (CEN-Normen), sofern verfügbar

Harmonisierung in Europa

Einheitliche Standards bei der Messung und Beurteilung von Emissionen

Umgang mit der Messunsicherheit



- Kontinuierliche Messungen

Ermittlung validierter Emissionswerte, d.h. auch Berücksichtigung der Messunsicherheit

- Diskontinuierliche Messungen

VDI-Richtlinie 4219 (Entwurf)



Umsetzung in Deutschland

Umsetzung europäisches Recht in nationales Recht

Regelungspaket (u.a.) aus:

- **13. BImSchV** (Umsetzung EU-RL 2001/80/EG)
- **17. BImSchV** (Umsetzung EU-RL 2000/76/EG)
- **TA Luft 2002** (Umsetzung IVU-Richtlinie und BREF „...Monitoring...“)
- **Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen** (RdSchr. d. BMU v. 13.06.2005 –IG I2 – 45053/5, GMBL 2005 – S. 795)

⇒ Übergangsregelungen

- 13. BImSchV:** 27.11.2004 (Anforderungen zur Messung/Überwachung)
- 17. BImSchV:** 28.12.2005
- TA Luft 2002:** 30.10.2007 (allgemeine Sanierungsfrist)

⇒ Für die Umsetzung der „Bundeseinheitliche Praxis ...“ sollte als spätestester Termin die allgemeinen Sanierungsfrist der TA Luft gelten.



Umsetzung in Deutschland

▪ Umsetzung europäischer CEN - Normen

- CEN-Normen werden vom DIN als DIN EN Normen veröffentlicht
- Teilweise werden CEN Normen durch VDI-Richtlinien untersetzt

⇒ Neue europäische Normen zur Emissionsüberwachung (Auswahl)

Funktionsprüfung und Kalibrierung:

DIN EN 14 181 „Emissionen aus stationären Quellen – Qualitätssicherung für AMS“ (bei Staub in Verbindung mit DIN EN 13284 – 2), untersetzt durch die neue VDI 3950 (Entwurf, Graudruck Dez. 2006?)

Standardreferenzmessverfahren:

DIN EN 13284 -1: Bestimmung Massenkonzentration Staub (geringe Konzentrationen)
DIN EN 15058: Bestimmung Massenkonzentration CO
DIN EN 14791: Bestimmung Massenkonzentration SO₂
DIN EN 14792: Bestimmung Massenkonzentration NO_x

Messstrategie/Messplanung:

DIN EN 15259 (E): Messstrategie, Messplanung, Messbericht u. Gestaltung von Messplätzen



Regelungen im Einzelnen

▪ Emissionsüberwachung nach 13. BImSchV und 17. BImSchV

Die Probenahme und Analyse aller Schadstoffe sowie die Referenzmessverfahren zur Kalibrierung automatischer Messsysteme sind nach **CEN-Normen** durchzuführen. Sind keine CEN-Normen verfügbar, so werden ISO-Normen, nationale Normen oder sonstige Normen angewandt, (..)

(§ 14 Abs. 1 der 13. BImSchV bzw. Anhang III, Nr. 2 der 17. BImSchV)

⇒ **Kalibrierungen / Funktionsprüfungen / ordnungsgemäßer Einbau**

nach DIN EN 14 181 (siehe auch Bundeseinheitliche Praxis..) bzw. VDI 3950 (Entwurf) bei Anlagen 13. / 17. BImSchV

Die „neue VDI 3950“ ist die Untersetzung der DIN EN 14181 und dient zur Vereinheitlichung der Emissionsüberwachung. Sie erfasst deshalb Anlagen der:

1. BImSchV, 2. BImSchV, 13. BImSchV, 17. BImSchV, 27. BImSchV, 30. BImSchV, 31. BImSchV sowie Anlagen im Anhang der 4. BImSchV



Regelungen im Einzelnen

▪ Emissionsüberwachung nach 13. BImSchV und 17. BImSchV

	13. BImSchV	17. BImSchV
Kontinuierliche Überwachung	Gesamtstaub, Hg, Ges-C, CO, NO _x , SO _x , Rußzahl (soweit Grenzwerte festgelegt sind, siehe auch weitere Ausnahmen im VO –Text)	Gesamtstaub, Ges-C, HCl, HF, NO _x , SO _x , Hg, CO (soweit Emissionen o.g. Stoffe nicht nachweislich auszuschließen oder allenfalls in geringen Konzentrationen)
Betriebsgrößen	T, V, Feuchte, Druck, O ₂ -Gehalt im Abgas, Leistung	T, V, Feuchte, Druck, O ₂ -Gehalt im Abgas, Verbrennungstemperatur
Funktionsprüfung Kalibrierung	Jährlich alle 3 Jahre nach DIN EN 14181 bis spätestens 26.11.07	Jährlich alle 3 Jahre nach DIN EN 14181 bis spätestens 27.12.08

- ⇒ Für Ausnahmen von Messverpflichtungen sind Ausnahmeanträge erforderlich, sofern im VO -Text nicht Sonderregelungen getroffen sind (Feuchte siehe auch VDI 3950 neu, Nr. 6.6). Ausnahmen dürfen nicht gegen EU-Recht verstoßen.
- ⇒ Geringe Konzentrationen: < 20 % als Orientierungswert im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung, sofern keine Emissionsspitzen auftreten.

© LfU / Abt. 2 / Gerald Ebertsch / 2006



Bayerisches Landesamt für Umwelt

Regelungen im Einzelnen

▪ Emissionsüberwachung nach 13. BImSchV und 17. BImSchV

o Mindestanforderungen an die Qualität kontinuierlicher Messeinrichtungen

Der Wert des Konfidenzintervalls von 95 % eines einzelnen Messergebnisses darf an der für den TMW festgelegten Emissionsbegrenzung bestimmte % - Sätze der Emissionsbegrenzung nicht überschreiten (siehe Anhang II der 13. BImSchV bzw. Anhang III der 17. BImSchV) :

- Kohlenmonoxid	10 vom Hundert
- Schwefeldioxid	20 vom Hundert
- Stickstoffoxide	20 vom Hundert
- Gesamtstaub	30 vom Hundert
- organisch gebundener Gesamtkohlenstoff	30 vom Hundert
- Quecksilber	40 vom Hundert
- Chlorwasserstoff (17. BImSchV)	40 vom Hundert
- Fluorwasserstoff (17. BImSchV)	40 vom Hundert

- ⇒ Die Überprüfung dieser Anforderungen erfolgt bei der Kalibrierung durch die sogenannte **Variabilitätsprüfung**.

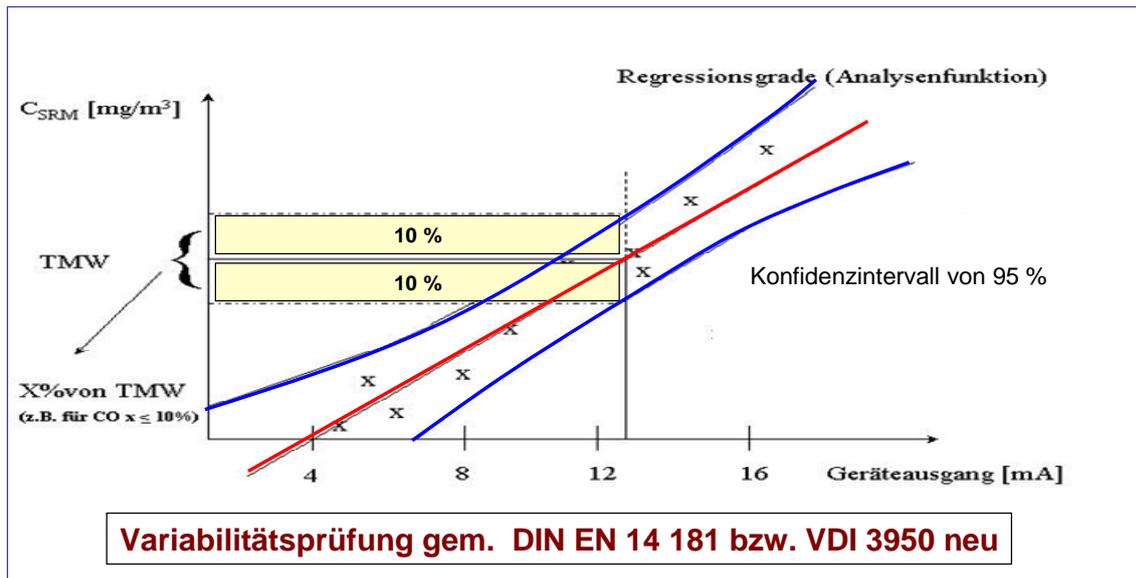
© LfU / Abt. 2 / Gerald Ebertsch / 2006



Bayerisches Landesamt für Umwelt

Beispiel CO-Messung

Zulässige Fehlertoleranz: 10 % am Emissionsgrenzwert für den Tagesmittelwert



© LfU / Abt. 2 / Gerald Ebertsch / 2006



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Regelungen im Einzelnen

▪ Emissionsüberwachung nach 13. BImSchV und 17. BImSchV

o Einhaltung von Emissionsgrenzwerten (kont. Messungen)

Die Beurteilung, ob festgelegte Emissionsgrenzwerte eingehalten sind, erfolgt über **validierte Halbstunden- und Tagesmittelwerte**.

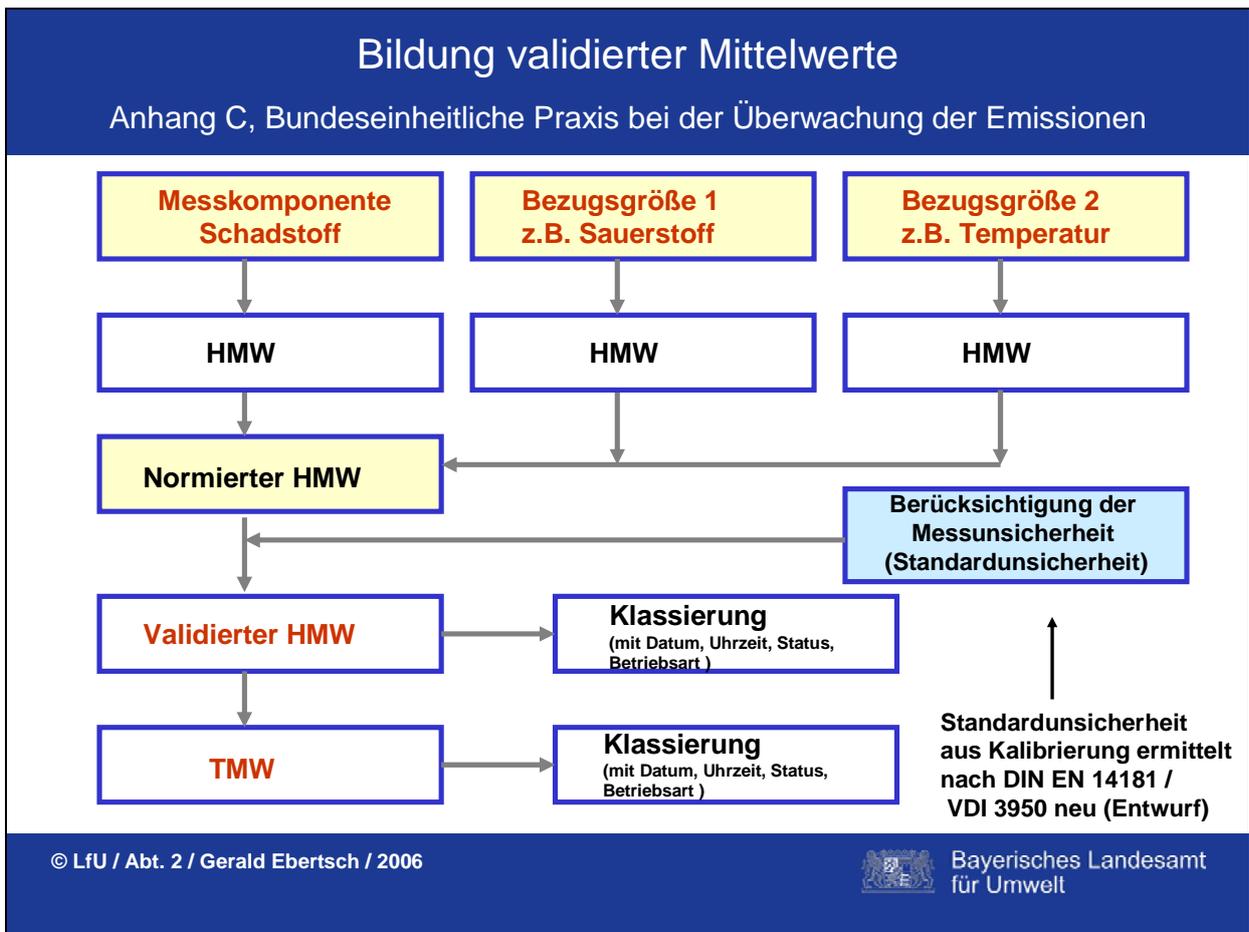
Diese sind auf Grundlage der gemessenen Halbstundenmittelwerte und nach Abzug der in der Kalibrierung ermittelten Messunsicherheit zu bestimmen.

(siehe § 16 Abs. und Anhang II der 13. BImSchV / Anhang III, Nr. 3 der 17. BImSchV)

© LfU / Abt. 2 / Gerald Ebertsch / 2006



Bayerisches Landesamt
für Umwelt



Regelungen im Einzelnen

- **Emissionsüberwachung nach TA Luft 02**

?? Bleibt alles beim Alten ?? **Nein**

IVU-Anlagen müssen analog Anlagen der 13. oder 17. BImSchV behandelt werden.

 - o **Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen**

Regelungen für Anlagen i. S. der TA Luft, der 1., 13., 17., 27. und 30. BImSchV
 - o **VDI 3950 neu (Entwurf)**

Die „neue VDI 3950“ untersetzt die DIN EN 14181 für alle Anlagen.

Sie dient zur Vereinheitlichung der Emissionsüberwachung und legt Anforderungen und Verfahren für Anlagen fest, bei denen aus Gründen der Verhältnismäßigkeit die DIN EN 14181 nicht vollständig angewandt werden kann (z.B. Anlagen der 1., 2., 27., 31. BImSchV, Anlagen nach Spalte 2 der 4. BImSchV)

© LfU / Abt. 2 / Gerald Ebertsch / 2006 Bayerisches Landesamt für Umwelt

Regelungen im Einzelnen

▪ **Emissionsüberwachung nach „Bundeseinheitlicher Praxis bei der Überwachung der Emissionen“**

- Verfahren der Eignungsprüfung u. der Bekanntgabe geeigneter Messeinrichtungen
- u.a. Hinweise für Einbau, Kalibrierung, Funktionsprüfung, Einsatz und Wartung von Messeinrichtungen, elektronischen Auswertesystemen (ab Nr. 4)

- Ermittlung validierter Emissionswerte für alle Anlagen

⇒ Neue Messwertklassierung für Anlagen TA Luft, 13., 17., 27. u. 30. BImSchV (u.a. Festlegung Beginn/ Ende der Klassierung, Berücksichtigung des Anfahrbetrieb, Statussignale ⇒ Rechnerparametrierung bei der Kalibrierung)

- Variabilitätsprüfung

⇒ Mindestanforderungen an die Qualität für alle kontinuierlichen Messeinrichtungen entsprechen den Kriterien gem. Anhang III Nr. 3 der 17. BImSchV

- Laufende Qualitätssicherung (QAL 3)

⇒ Prüfung Null- /Referenzpunktdrift durch den Betreiber (z.B über Regelkarten)



Klassierung von Halbstunden- und Tagesmittelwerten für TA Luft Anlagen (Anhang C, Bundeseinheitliche Praxis)

■ **Validierte Halbstundenmittelwerte (Klassierung für TA Luft Anlagen)**

M 1	M 2	M 20
-----	-----	-------	------

↑ Grenzwert Halbstundenmittelwert

■ **Sonderklassen für HSM**

S 1 Überschreitung GW	S 2 Messzeit < 2/3 (der Bezugszeiträume)	S 3 Ersatzwerte	S 4 Störung AMS	S 5 Wartung AMS	S 6 Betriebszeitähler	S 7 Mittelwerte n. B 2.3 z.B. An- /Abfahrbetrieb	S 8 unplausible Werte	S 9 Kurzzeitspeicher außerh. Kalibrierbereich	S10 Langzeitspeicher außerh. Kalibrierbereich	S11 Ausfall Abgasreinigung
-----------------------	--	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------------	--	-----------------------	---	---	----------------------------

■ **Tagesmittelwerte**

↓ Grenzwert Tagesmittelwert

T 1	T 2	T 10	TS 1: TGW Überschreitung	TS 2 keine TMW-Bildung
-----	-----	-------	------	--------------------------	------------------------



Wesentliche Elemente der DIN EN 14181 / VDI 3950 neu

▪ Verfahren zur Kalibrierung und Validierung der AMS (QAL 2)

- 15 Vergleichsmessungen mit einem Standardreferenzmessverfahren (z.B. NO_x nach DIN EN 14 792) und gleichmäßige Verteilung der Messungen über mindestens 3 Tage (Probenahmedauer 30 min oder 4-fache Einstellzeit der AMS).
- Die Kalibrierfunktion ist nur gültig, wenn die Anlage innerhalb des **gültigen Kalibrierbereichs** betrieben wird (= Bereich zwischen 0 und dem maximalen Messwert (Y_{\max}) der Kalibrierung zuzüglich 10 %).

⇒ VDI 3950 neu: Vergleichsmessungen bei Anlagen (außer 13. u. 17. BImSchV) können auch an weniger als 3 Tagen durchgeführt werden, wenn seit der letzten Kalibrierung mindestens 97 % der Halbstundenmittelwerte (HSM) < 30 % der für den HSM festgelegten Grenzwerte waren.

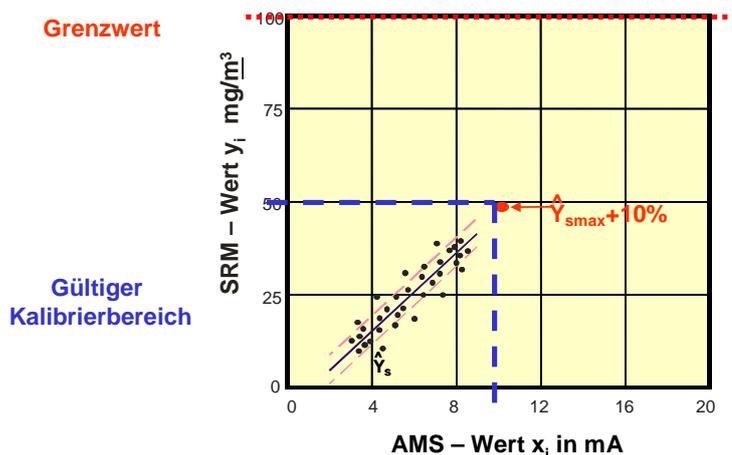
⇒ Bei geringen Staubgehalten kann die Zahl der Vergleichsmessungen gem. DIN EN 13 284 – 2 in Absprache mit der zuständigen Behörde reduziert werden. (mindestens 5 Messungen mit einer Probenahmedauer von insges. 7,5 Stunden)

© LfU / Abt. 2 / Gerald Ebertsch / 2006



Bayerisches Landesamt für Umwelt

Beispiel Kalibrierbereich



- ⇒ Die Überschreitung des Kalibrierbereichs wird im Auswerterechner gesondert registriert (Kurzzeitspeicher S 9, Langzeitspeicher S 10).
- ⇒ Bei zu häufigem Überschreiten des Kalibrierbereichs muss die Kalibrierung ggf. wiederholt werden. Kriterien für die Wiederholung siehe Anlage 1.

© LfU / Abt. 2 / Gerald Ebertsch / 2006



Bayerisches Landesamt für Umwelt

Wesentliche Elemente der DIN EN 14181 / VDI 3950

▪ Verfahren zur jährlichen Funktionsprüfung (AST)

Einzelne Prüfschritte:

- Funktionskontrolle incl. Auswerteeinheit gem. Anhang A der DIN EN 14 181
z.B. Sauberkeit, Funktionstüchtigkeit, Dichtigkeitsprüfung, Querempfindlichkeit, Linearität, Drift usw.
- 5 Vergleichsmessungen mit einem Standardreferenzmessverfahren
- Überprüfung der Variabilität und Gültigkeit der Kalibrierfunktion

⇒ Gem. VDI 3950 (neu) ist (in Abhängigkeit der Ergebnisse der Vergleichsmessungen) in Abstimmung mit der zuständigen Behörde eine Erweiterung des Kalibrierbereiches bis zu 50 % des Emissionsgrenzwertes möglich und erlaubt.



Konsequenzen aus den neuen Regelungen

▪ Einbau neuer Messwertrechner

⇒ I.d.R. ist der Einbau neuer Auswertrechner erforderlich; diese sind zwischenzeitlich als eignungsgeprüfte Geräte auf dem Markt verfügbar; es kann jedoch noch zu Lieferengpässen kommen.

Die Übergangsfristen (insb. TA Luft) sollten bei der Umrüstung berücksichtigt werden. **IVU-Anlagen sollten wegen der bestehenden Berichterstattungspflichten vordringlich umgerüstet werden.**

⇒ Die Parametrierung von neuen Messwertrechner sollte mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden (Parametrievorschlag der Kalibrierstelle).

▪ Neue Messgeräte

⇒ Im Einzelfall kann der Einbau neuer kontinuierlicher Messgeräte erforderlich sein, da die Variabilitätsprüfung nicht bestanden wird.

⇒ Ggf. kann das Problem durch eine höhere Anzahl von Vergleichsmessungen behoben werden.



Konsequenzen aus den neuen Regelungen

▪ Bei Kalibrierungen kann unverhältnismäßiger Aufwand entstehen

⇒ Abweichende Vorgehensweisen von der VDI 3950 bzw. der DIN EN 14 181 sollten in begründeten Fällen rechtzeitig zwischen Messinstitut, Betreibern und Überwachungs- bzw. Genehmigungsbehörden abgestimmt werden.

▪ Neue Auflagen zur Emissionsüberwachung

⇒ I.d.R. sind Auflagen zur Emissionsüberwachung an die neuen Regelungen zur Emissionsüberwachung und an die besonderen Gegebenheiten in der Anlage anzupassen. Das LfU wird in Lauris entsprechende Musterauflagen zur Verfügung stellen.



Anhang 1

▪ Kriterien für die Wiederholung der Kalibrierung

Eine vollständig neue Kalibrierung ist nach DIN EN 14 181 innerhalb von 6 Monaten durchzuführen, falls

- mehr **als 5 % der Messwerte**, bezogen auf eine Woche (Mo- So), liegen zwischen zwei jährlichen Funktionsprüfungen für **mehr als 5 Wochen** außerhalb des Kalibrierbereiches
(Registrierung im Langzeitspeicher S 10)

- mehr **als 40 % der Messwerte**, bezogen auf eine Woche (Mo –So), liegen für **eine oder mehrere Wochen** außerhalb des Kalibrierbereiches
(Registrierung im Kurzzeitspeicher S 9)



Klassierung von Halbstunden- und Tagesmittelwerten für 13. BImSchV Anlagen (Anhang D, bundeseinheitliche Praxis)

■ validierte Halbstundenmittelwerte

M 1	M 2	M 20
-----	-----	-------	------

↑ HMW

Hinweis:
Spezielle Klassierungen für Misch- und Mehrstofffeuerungen sind erforderlich

■ Sonderklassen

S 1	Überschreitung M
S 2	Messzeit 2/3
S 3	Ersatzwerte
S 4	Störung AMS
S 5	Wartung AMS
S 6	Betriebszeitähler
S 7	Mittelwerte 2/3 anlagenbedingt
S 8	unplausible Werte
S 9	Kurzzeitspeicher Kalibrierbereich
S 10	Langzeitspeicher Kalibrierbereich
S 11	Ausfall Abgasreinigung
S 12	Ausfall Abgasreinigung > 1 d
S 13	Summenzustand Ausfälle ARA
S 14	An- und Abfahrphase

■ Tagesmittelwerte TMW

¹⁾ Aus EU-RL

T 1	T 10	TS 1: TGW Überschreitung	TS 2: kein TMW	TS 3: Ausfall/W AMS > 5HMW ¹⁾
-----	-------	------	--------------------------	----------------	--



Erfahrungen und Lösungsansätze bei der Kalibrierung von kontinuierlichen Emissionsmessgeräten nach DIN EN 14181 in der Praxis

Dipl.-Ing. (FH) Rüdiger Kroggel, Müller-BBM GmbH, Planegg

DIN EN 14181 - Anwendungsbereich

DIN EN 14181 – September 2004
Emissionen aus stationären Quellen –
Qualitätssicherung für automatische
Messeinrichtungen

Die DIN EN 14181 ist anzuwenden auf Anlagen der 13. BImSchV (Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen) und der 17. BImSchV (Anlagen zur Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen).

MÜLLER-BBM

2

DIN EN 14181 – Warum wird kalibriert ?

- Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der Anzeige des Betriebsmessgerätes und der tatsächlichen Konzentration im Abgas (Kalibrierfunktion)
- Ermittlung der Messunsicherheit der Kalibrierfunktion
- Überprüfung der Eignung der eingesetzten Messeinrichtung für den vorgesehenen Einsatzbereich

MÜLLER-BBM

3

DIN EN 14181 – Begriffsdefinitionen (1)

- Luftbeschaffenheitsmerkmal:
Lassen Sie uns lieber den anschaulicheren Begriff „Konzentration eines Luftschadstoffes“ verwenden.
- AMS = Automatisches Messsystem:
Betriebsmesseinrichtung zur Messung des Luftschadstoffes; es wird unterschieden zwischen
 - extraktive AMS:
Ein Probegasteilstrom wird dem Abgas entnommen und ggf. über eine Probegasleitung und –aufbereitung dem Analysator zugeführt.
 - nicht-extraktive oder in-situ-AMS:
Die Messung des Luftschadstoffes erfolgt unmittelbar im Abgaskanal (z. B. durch optische Messverfahren).

DIN EN 14181 – Begriffsdefinitionen (2)

- Emissionsgrenzwert:
Grenzwert, auf den sich die Anforderung der Unsicherheit bezieht. Die Grenzwerte sind auf Normbedingungen bezogen (0°C, 1013 hPa, trock. Abgas, Bezugssauerstoffgehalt).
- Bezugsgrößen:
Die mit Hilfe der Kalibrierfunktion umgerechneten Messwerte der AMS sind auf die Normbedingungen zu beziehen. Ggf. sind die Werte der Bezugsgrößen über eigene AMS zu ermitteln.
- SRM = Standardreferenzmessverfahren:
Verfahren zur Bestimmung der Konzentration eines Luftschadstoffes, durch Normen (DIN EN) oder Richtlinien (VDI) standardisiert.
Das SRM wird für die Vergleichsmessungen im Rahmen der Kalibrierung eingesetzt.

DIN EN 14181 – Begriffsdefinitionen (3)

- Kalibrierfunktion:
linearer Zusammenhang zwischen den Werten des SRM und der AMS unter der Voraussetzung einer konstanten Reststandardabweichung; für den Luftschadstoff Staub ist auch ein quadratischer Zusammenhang erlaubt (Konkretisierung in der DIN EN 13284-2)
- Standardabweichung:
aus den Vergleichsmessungen mit dem SRM abgeschätzte statistische Größe. Die Standardabweichung darf eine definierte Unsicherheit (Variabilität) nicht überschreiten; die entsprechenden Beträge für die einzelnen Luftschadstoffe sind in den Anhängen zur 13. bzw. 17. BImSchV angegeben.

MÜLLER-BBM

6

Vergleich VDI 3950 Bl. 1 – DIN EN 14181

Durchführung der Vergleichsmessungen

VDI 3950 Blatt 1

- mind. 15 Messwertpaare
- keine Forderungen bezüglich zeitlicher Lage und Verteilung der Einzelmessungen

DIN EN 14181

- mind. 15 Messwertpaare
- gleichmäßig verteilt über 3 Messtage zu jeweils 8 – 10 Stunden (Messtage müssen nicht aufeinander folgen); zeitlicher Abstand des Beginns der Einzelmessungen: mind. 1 Stunde.

MÜLLER-BBM

7

DIN EN 14181

Wie groß hat der Umfang der Kalibrierung zu sein? (1)

Ziffer 6.3 Abs. 3 der DIN EN 14181:

„Falls die normalen Betriebsbedingungen der Anlage eindeutige und unterscheidbare Betriebsmodi des Anlagenprozesses einschließen (beispielsweise Wechsel des Brennstoffs), müssen zusätzliche Kalibrierungen durchgeführt und die entsprechenden Kalibrierfunktionen für jeden Betriebsmodus aufgestellt werden.“

Die richtliniengetreue Umsetzung dieses Absatzes würde dazu führen, dass z. B. bei folgenden Anlagen

- Kesseln mit mehreren Brennstoffen und Brennstoffkombinationen
- Gasturbine und nachgeschaltetem Abhitzeessel mit Zusatzfeuerung

ein hoher Aufwand durch die Kalibrierung entstehen würde.

MÜLLER-BBM

DIN EN 14181

Wie groß hat der Umfang der Kalibrierung zu sein? (2)

Hoher Aufwand durch die Kalibrierung bedeutet für den Betreiber:

- zeitlicher Aufwand für die Durchführung der Kalibrierung: je Brennstoff bzw. Brennstoffkombination 3 Messtage; daraus resultiert
- finanzieller Aufwand als Honorar für das beauftragte Messinstitut; diese Kosten sind i. d. R. jedoch vernachlässigbar gegenüber
- hohen Brennstoffkosten für den Einsatz von Brennstoffen, die an der Anlage nur in Ausnahmefällen gefahren werden, oder wenn ein Reservekessel eigens für die Kalibrierung angefahren werden muss, sowie dem
- Risiko einer Störung bei der Umstellung vom Regel- auf den Ersatzbrennstoff mit den Folgekosten einer möglichen Rückwirkung auf die Produktion (Einschränkung, Stillstand der Produktion)

MÜLLER-BBM

9

DIN EN 14181

Messplanabstimmung mit der Behörde

Abstimmung des Umfangs der Kalibrierung im Vorfeld mit der zuständigen Behörde unter Einbeziehung folgender Aspekte:

- Wie sind die Betriebszeiten der einzelnen Kessel bzw. Gasturbinen ? Unter welchen Bedingungen werden die einzelnen Anlagen eingesetzt (Grundlast, Spitzenlast, Reservekessel für niedrige Außentemperaturen) ? Wann können bzw. werden sie wie laufen ?
- Was wird als Regelbrennstoff, was als Ersatzbrennstoff eingesetzt ? Wie sind die Betriebszeiten der bzw. die produzierten Wärmemengen durch die einzelnen Brennstoffe bzw. Brennstoffkombinationen ?
- Welche Betriebszustände sind relevant (im Normalbetrieb gefahrene Laststufen, Anfahr-/ Abfahrbetrieb) ?

MÜLLER-BBM

10

DIN EN 14181

Beispiel für eine Messplanabstimmung

Anlage:

- Dampfkessel nach 13. BImSchV
- Regelbrennstoff Erdgas, Ersatzbrennstoff Heizöl EL
- zu kalibrierende Komponenten: CO, NO_x, O₂

Erfahrungsgemäß differieren die Kalibrierfunktionen für die beiden Brennstoffe nicht (vergleichbare Abgasmatrix).

Vorschlag für ein Messkonzept (je nach Bundesland):

- Kalibrierung beim Brennstoff Erdgas über 2 oder 3 Tage sowie beim Brennstoff Heizöl EL über 1 Tag; jeweils 5 Vergleichsmess./Tag
- Erstellung einer gemeinsamen Kalibrierfunktion je Komponente; Vorteil bei NO_x: Erweiterung des Gültigkeitsbereichs der Kalibrierfunktion durch höhere Konzentrationen bei Heizöl-Feuerung

MÜLLER-BBM

11

DIN EN 14181

anzuwendende Standardreferenzmessverfahren (SRM)

Ziffer 5.4 Satz 3 der DIN EN 14181:

„Falls verfügbar, muss das in einer Europäischen Norm beschriebene SRM verwendet werden.“

D. h. DIN EN-Normen sind VDI-Richtlinien vorzuziehen.

Für folgende Komponenten werden in der Praxis beide Verfahren angewendet, von manchen Behörden sogar die Anwendung der VDI-Richtlinien gefordert:

- Kohlenmonoxid:
 - DIN EN 15058: NDIR-Verfahren, kontinuierlich;
 - VDI 2459 Blatt 1 GC-FID-Verfahren, diskontinuierlich.
- Stickstoffoxide:
 - DIN EN 14792: Chemilumineszenz-Verfahren, kontinuierlich;
 - VDI 2456: Oxidation, Analyse mit IC, diskontinuierlich.

MÜLLER-BBM

12

DIN EN 14181

SRM für Kohlenmonoxid

CO nach DIN EN 15058: NDIR

- kontinuierlich registrierend, wird daher für die Ermittlung der Repräsentativität der Messstelle sowieso eingesetzt
- Vorteile: keine Analysekosten; kein Probentransfer erforderlich
- Nachteil: Querempfindlichkeiten gegenüber Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffen und Distickstoffoxid; damit Einsatz nicht an allen Anlagentypen möglich

CO nach VDI 2459 Blatt 1: GC-FID

- diskontinuierlich, d. h. Mittelwertbildung über den Probenahmezeitraum
- Vorteil: keine Querempfindlichkeiten gegenüber Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffen und Distickstoffoxid; damit Einsatz z. B. an Wirbelschichtfeuerungen möglich
- Nachteile: Analysenkosten; logistischer Aufwand für Proben-transfer

MÜLLER-BBM

13

DIN EN 14181

SRM für Stickstoffoxide

NO_x nach DIN EN 14792:
Chemilumineszenz

- kontinuierlich registrierend, kann daher für die Ermittlung der Repräsentativität der Messstelle sowieso eingesetzt
- Vorteile: keine Analysenkosten; kein Probentransfer erforderlich; NO und NO₂ können getrennt ausgewiesen werden
- Nachteil: Querempfindlichkeiten gegenüber Kohlendioxid, Wasserdampf und Ammoniak

NO_x nach VDI 2456:

Oxidation, Ionenchromatographie

- diskontinuierlich, d. h. Mittelwertbildung über den Probenahmezeitraum
- Vorteil: in der Richtlinie keine Querempfindlichkeiten angegeben
- Nachteile: Analysenkosten

MÜLLER-BBM

14

Vergleich VDI 3950 Bl. 1 – DIN EN 14181

Auswertung der Vergleichsmessungen (1)

VDI 3950 Blatt 1

Auswerteverfahren:

lineare Regression; falls günstiger, auch quadratische Regression

Messunsicherheit:

Angabe der Messunsicherheit in Form von Vertrauens- und Toleranzbereichen; es sind keine Anforderungen an die max. Höhe dieser Bereiche gestellt.

DIN EN 14181

Auswerteverfahren:

lineare Regression; nur für Staub quadratische Regression möglich (DIN EN 13284-2)

Messunsicherheit:

Angabe der Messunsicherheit abgeleitet aus der Variabilität; festgelegte Beträge dürfen nicht überschritten werden, ansonsten genügt die AMS nicht den Anforderungen.

MÜLLER-BBM

15

Vergleich VDI 3950 Bl. 1 – DIN EN 14181

Auswertung der Vergleichsmessungen (2)

VDI 3950 Blatt 1

Gültigkeitsbereich der Kalibrierfunktion:

Aussagen der Richtlinie wie „gilt diese Regressionsgerade nur für den untersuchten Konzentrationsbereich“ wurden bei der Emissionsauswertung in den entsprechenden Rechnern nicht berücksichtigt.

DIN EN 14181

Gültigkeitsbereich der Kalibrierfunktion:

Der Gültigkeitsbereich der Kalibrierfunktion reicht bis zum 1,1-fachen des Maximalwertes der AMS unter Normbedingungen, der bei den Vergleichsmessungen aufgetreten ist. Dieser Gültigkeitsbereich wird im Emissionsauswerterechner hinterlegt und überwacht.

MÜLLER-BBM

16

Vergleich VDI 3950 Bl. 1 – DIN EN 14181

Sonderfall: geringe Streuung der Messwerte

VDI 3950 Blatt 1

Erweiterung der Regressionsgerade durch

- Einbeziehung der Gerätekennlinie (Aufstocken oder Verdünnen des Probegases)
- Nullpunktshypothese
- Nullgasaufgabe
- bei in situ-Messungen: Eingriff in die Betriebsweise der Anlage; wenn nicht möglich: nur 9 Vergleichsmessungen

DIN EN 14181

Gerade durch den Nullpunkt und den Schwerpunkt der Messwertpaare;

nur für Staub: Eingriff in die Betriebsweise der Anlage; ein Abweichen von der Forderung nach 15 Vergleichsmessungen ist nicht enthalten.

MÜLLER-BBM

17

Vergleich VDI 3950 Bl. 1 – DIN EN 14181

Sonderfall: Messwerte mit großem Abstand zum Grenzwert

VDI 3950 Blatt 1

Falls bekannt ist, dass keine Messwerte > 20 % des Grenzwertes auftreten:

- inverse Geräte Kennlinie als Analysenfunktion
- Messunsicherheit (Vertrauens- bzw. Toleranzbereich) wird auf definierte Werte gesetzt

Bei in situ-Messeinrichtungen: Geräte Kennlinie fehlt i. a., Beschränkung auf 6 Vergleichsmessungen

DIN EN 14181

Falls die ermittelten Messwertpaare nur geringe Änderungen aufweisen und die Messwerte deutlich unterhalb des Grenzwertes liegen, kann eine Extrapolation der Kalibrierfunktion bis zum Grenzwert z. B. durch Aufstockung des Messgases mit Prüfgas erfolgen.

Aber: Dies ersetzt nicht die 15 Vergleichsmess. über 3 Tage; der Gültigkeitsbereich der Kalibrierfunktion wird nicht erweitert.

MÜLLER-BBM

18

DIN EN 14181

Messwerte im Bereich des Nullpunktes (1)

Beispiel:

- Komponente CO bei Erdgas- oder Heizöl EL-Feuerungen
- Komponente HCl, SO₂, Gesamt-C an Anlagen der 17. BImSchV

Im Normalbetrieb der Anlage liegen die Messwerte oft im Bereich der NWG des Messverfahrens (sowohl AMS als auch SRM).

Daraus ergeben sich Probleme bei der Aufstellung einer sinnvollen Kalibrierfunktion sowie eines praktikablen Gültigkeitsbereichs der Kalibrierung.

Aufstellung der Kalibrierfunktion:

- Extrapolation unter Einbeziehung der Daten z. B. aus der Funktionsprüfung
- Anwendung der inversen Geräte Kennlinie

MÜLLER-BBM

19

DIN EN 14181

Messwerte im Bereich des Nullpunktes (2)

Gültigkeitsbereich der Kalibrierung:

Gültigkeitsbereich = $1,1 \cdot$ Maximalwert der AMS, der bei der Kalibrierung aufgetreten ist.

Problem:

Durch die zulässige Nullpunktdrift des Analysators (3 % des Messbereichsendwertes im Wartungsintervall) kann dieser Gültigkeitsbereich überschritten werden.

Lösungsvorschlag:

Erweiterung des ermittelten Gültigkeitsbereich um die zulässige Nullpunktdrift.

Da sowohl der Gültigkeitsbereich als auch die Nullpunktdrift einen großen Abstand zum Emissionsgrenzwert haben, können hinsichtlich der Emissionsüberwachung keine Bedenken bestehen.

DIN EN 14181

Messwerte im Bereich des Nullpunktes (3)

Beispiel zum Gültigkeitsbereich der Kalibrierung:

Kohlenmonoxid an Heizöl EL-Feuerung:

aus Kalibrierung ermittelter Gültigkeitsbereich: 3,3 mg/m³

Tagesgrenzwert: 80 mg/m³

Messbereichsendwert (= $3 \cdot$ TGW): 240 mg/m³

daraus folgt: zulässige Nullpunktdrift: 7,2 mg/m³

Die zulässige Nullpunktdrift ist größer als der ermittelte Gültigkeitsbereich.

Vorschlag für die Parametrierung des Emissionsauswertesystems:

Gültigkeitsbereich für CO: $(3,3 + 7,2)$ mg/m³ = 10,5 mg/m³

DIN EN 14181

partikelförmige Emissionen (Staub) (1)

Im Gegensatz zu Gasanalysatoren, die komponentenspezifisch messen, werden die partikelförmigen Emissionen über indirekte Verfahren (optische Verfahren wie Extinktion oder Lichtstreuung, triboelektrisches Verfahren) ermittelt. Dabei treten folgende Problematiken auf:

- Abhängigkeit der Ansprechempfindlichkeit des Messverfahrens von der Staubqualität (Korngrößenverteilung, Farbe, Reflexionsvermögen, Aufladbarkeit der Staubteilchen etc.)
- Störeinflüsse durch die Abgasmatrix (Abgasfeuchte, Taupunktunterschreitung im Kanal, Abgastemperatur etc.)
- Lage der Messstrecke im Abgaskanalssystem (Inhomogenitäten durch Klassierungseffekte nach Umlenkungen, Einbauten, Einmündungen, Beeinflussung des Messverfahrens durch vorgeschaltete Anlagenteile wie Elektrofilter etc.)

DIN EN 14181

partikelförmige Emissionen (Staub) (2)

Aus den vorgenannten Gründen sind folgende Punkte zu beachten:

- Wahl des geeigneten kontinuierlichen Messverfahrens für die Messaufgabe (unter Einbeziehung von Staubqualität, Abgasmatrix, Umgebungsbedingungen, Anlagentechnik)
- Wahl der geeigneten Messstrecke im Abgaskanalssystem; dabei ist auch eine Messbühne mit einzuplanen, die Mindestanforderungen an Arbeitssicherheit (Zugänglichkeit, Absturzsicherung), Platzbedarf und Medienversorgung (Strom) für die Vergleichsmessungen sowie ggf. einen Witterungsschutz einhält.
- Durchführung der Vergleichsmessungen als Netzmessungen; dadurch ist gewährleistet, dass das Signal der kontinuierl. Messeinrichtung, dass aus punkt- oder linienförmiger Messung stammt, der mittleren Konzentration über den Messquerschnitt zugeordnet wird.

DIN EN 14181

partikelförmige Emissionen (Staub) (3)

Für Staubmessgeräte sind i. d. R. keine Gerätekenlinien vorhanden. In den Fällen, in denen die Kalibrierung im Normalbetrieb Messwerte im Bereich des Nullpunktes liefert (z. B. nach Gewebefilteranlagen), werden zur Aufstellung der Kalibrierfunktion folgende Verfahren angewandt:

- Erhöhung der Staubkonzentration durch z. B. Ziehen von Filterelementen aus dem Gewebefilter (in Abstimmung mit der Behörde);
Nachteil: veränderte Staubqualität (Korngrößenverteilung!) führt zu geänderter Ansprechempfindlichkeit des Analysators, so dass eine quadratische Regression der linearen vorzuziehen ist.

Falls dieses Verfahren von der Behörde oder vom Betreiber nicht mitgetragen wird: siehe folgendes Blatt

DIN EN 14181

partikelförmige Emissionen (Staub) (3)

Falls keine erhöhten Staubkonzentrationen erzeugt werden können:

- Weiterverwendung der bisherigen Kalibrierfunktion (falls vorhanden)
- Übertragung der Kalibrierfunktion von einer vergleichbaren Anlage oder Aufgabenstellung
- Aufstellung einer Kalibrierfunktion unter Annahme von plausiblen Daten (aus der Erfahrung des Messinstituts)

Gegen diese Verfahren ist aus folgenden Gründen nichts einzuwenden:

- ✓ Der Gültigkeitsbereich der Kalibrierfunktion leitet sich aus den tatsächlich erhaltenen Messwerten ab.
- ✓ Bei der Überschreitung des Gültigkeitsbereichs, also wenn erhöhte Staubkonzentrationen auftreten, oder spätestens bei der jährlichen Funktionsprüfung, werden wieder Vergleichsmessungen fällig, an Hand derer die Kalibrierfunktion ggf. aktualisiert werden kann.

DIN EN 14181

Erfahrungen mit Staubmessgeräten (1)

- Streulichtmessgeräte:
Die klassischen Streulichtmessgeräte (Rückwärtsstreuung, Anbau der Sender-/Empfänger-Einheit außen am Kanal, Spüllufteinheit) haben sich als ausgereift und zuverlässig erwiesen.
Die aus Kostengründen zunehmend eingesetzten Streulichtgeräte in Stabform (Vorwärtsstreuung, mechanische und optische Bauteile z. T. im Abgasstrom) zeigen häufig noch „Kinderkrankheiten“. Manche Geräte haben keine ausreichende Autodiagnosefunktion.
- Durchlichtmessgeräte (Extinktion, Transmission):
Die Geräte sind z. T. seit Jahren auf dem Markt und zeigen einen hohen Reifegrad. Die Empfindlichkeit ist gegenüber den Streulichtgeräten geringer, jedoch sind sie für manche Einsatzzwecke besser geeignet.

MÜLLER-BBM

26

DIN EN 14181

Erfahrungen mit Staubmessgeräten (2)

- Triboelektrisches Messprinzip:
Geräte können faktisch keiner Funktionsprüfung unterzogen werden, da kein Referenzmaterial vorhanden ist.
Aus einer Geräteanzeige im Bereich von Null und Staubkonzentrationen aus den Vergleichsmessungen im Bereich von Null kann nicht abgeleitet werden, dass das Gerät bei höheren Staubkonzentrationen eine Reaktion zeigt.
- Abgas mit Unterschreitung der Taupunkttemperatur:
Die auf dem Markt für diesen Einsatzzweck erhältlichen Messsysteme zeigen einen hohen Wartungsaufwand und haben sich vereinzelt als nicht kalibrierfähig erwiesen.
Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die kontinuierlichen Messungen durch diskontinuierliche Emissionsmessungen in einem engeren Rhythmus zu ersetzen.

MÜLLER-BBM

27

Die neue VDI 3950 (Entwurf Rev. 01) Ergänzungen / Präzisierungen zur DIN EN 14181

Dr. Michael Waeber, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

**Der Weissdruck wird für Ende 2006 / Anfang 2007 erwartet
- im Wesentlichen in der Version der Rev. 01.**

Diese „neue VDI 3950“ stellt die **Ergänzung und Anpassung der DIN EN 14181** für die Anwendung an **allen genehmigungspflichtigen Anlagen** dar.

Sie wird die bisherigen Richtlinien VDI 3950 Blatt 1, Blatt 2 und Blatt 3 ersetzen, welche dann zurückgezogen werden.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

Der Aufbau entspricht dem der DIN EN 14181, d.h. unter den gleichen Kapitelnummern werden in beiden Richtlinien die gleichen Themenbereiche behandelt.

Für einige Prüfungen und Untersuchungen werden in der VDI deutlich konkretere Ausführungsvorgaben als in der EN beschrieben.

In Einzelfällen werden auch Erleichterungen für Anlagen, die nicht unter die 13. und 17. BImSchV fallen, zugelassen und näher beschrieben.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950

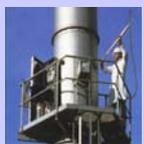


Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

Wichtige Unterschiede zur DIN EN 14181 in Kurzform:

- die **Bezugskomponenten** sind nun in die Prüfungen eingeschlossen – es fehlt jedoch eine Vorgabe für die Bewertung der Ergebnisse
- auch die **Auswerteeinheit** ist in das Prüfverfahren eingeschlossen
- die Prüfung des **ordnungsgemäßen Einbaus** ist in die Richtlinie integriert
- die Richtlinie enthält **Musterberichte** für die Einbaubestätigung und Funktionsprüfung / Kalibrierung



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

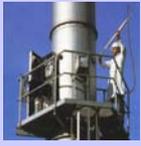
VDI 3950 Entwurf

Anwendungsbereich

Von Seiten des **UBA** wird die VDI 3950 so bewertet, dass sie grundsätzlich für **sämtliche genehmigungsbedürftige Anlagen** anwendbar ist.

Sofern also nicht ausdrücklich im Text ausgeschlossen, gilt sie auch für alle Anlagen nach 13. und 17. BImSchV

Ein wichtiger Vorteil der VDI 3950 ist, dass nun wieder bei allen Kalibrierungen / Funktionsprüfungen vom Verfahren her gleichartig vorgegangen werden kann.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

Das bedeutet aber auch, dass an allen **TALuft-Anlagen** der **Kalibrieraufwand** steigt und künftig für alle Komponenten **jährlich Vergleichsmessungen** mit einem SRM erforderlich sind.

Die geforderten Vergleichsmessungen führen bei allen Anlagen zu **erheblich gestiegenen Kosten für die Funktionsprüfungen**.

Die Erfahrung aus den vergangenen zwei Jahren zeigt, dass die **Mehrkosten für Kalibrierungen** bei den „einfacheren“ Anlagen (z.B. Erdgas-befeuerten Kesseln) prozentual besonders deutlich gestiegen sind: ein wesentlicher Grund hierzu ist die „3-Tage-Regel“.

Bei umfangreichen Messanlagen (z.B. MVA) ist der Effekt nicht ganz so stark ausgeprägt, da schon früher Kalibrierungen regelmäßig über mehrere Tage dauerten.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Die **Vergleichsmessungen** dürfen auch an **weniger als 3 Tagen** durchgeführt werden und der Abstand zwischen zwei Messungen darf auch **weniger als eine Stunde** betragen.

(nicht bei Anlagen nach 13. und 17. BImSchV)

Folgende Voraussetzung muss jedoch erfüllt sein:

Die Emissionen dürfen nur **unterhalb von 30% des GW** liegen (bestimmt als 97%-Auswertung der HMW) und die Einzelwerte dürfen nicht mehr als **5 % vom Mittelwert** aller Werte abweichen (bestimmt als 99%-Auswertung)!

Damit wird diese – für viele Anlagen aus fachlichen Gründen durchaus sinnvolle - Erleichterung in der Praxis nur recht selten anwendbar sein!



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Bezugsgrößen

(Sauerstoff, Temperatur, Druck, Volumenstrom, Abgasfeuchte)

dürfen auch an **weniger als 3 Tagen** kalibriert werden.

Der Beginn der einzelnen Probenahmen darf ebenfalls **weniger als einer Stunde** betragen.

Dies gilt für alle Anlagenarten, denn in der DIN EN 14181 werden die Bezugsgrößen nicht behandelt.

Es fehlt allerdings noch ein Bewertungsmaßstab (insb. Linearität und Variabilität bei KAL und FP).



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Prüfgas-Aufgabe

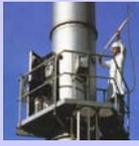
Prüfgas soll über die gesamte Probenahmeeinrichtung aufgegeben werden

(z.B. bei Null-/Ref.-Punktkontrolle, Linearität, Querempfindlichkeiten)

Sie kann ggf. auch unmittelbar hinter der Sonde eingespeist werden, falls der Aufwand für den Ausbau der Sonde unverhältnismäßig ist.

An diesem Punkt ist die VDI 3950 noch „unfertig“, da solche Prüfmethodik für viele Messeinrichtungen vor Ort nicht realisierbar sind (das liegt nicht am Ausbau der Sonde!).

Insbesondere für Linearität und Querempfindlichkeiten sollten Prüfgase wie bisher direkt am Analysator eingespeist werden.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Linearitätsprüfung:

3 Mittelwerte pro Konzentrationsstufe über je 60 s.

Die Auswertung erfolgt mit Regressionsrechnung nach DIN EN 14181.

Nach Abwarten der mindestens 3-fachen Einstellzeit (Daten aus der Eignungsprüfung) können die drei Ablesungen für jede Konzentrationsstufe vorgenommen werden.

An diesem Punkt wurde in der DIN EN 14181 eine sehr missverständliche Formulierung gewählt, die auch von Länderbehörden kontrovers interpretiert wurde (Stichwort: Wartezeit zwischen den Ablesungen).

Die Aufweichung der Anforderungen ist für Sauerstoff ziemlich extrem: statt der bisher zulässigen und sinnvollen Abweichung von 0,2 Vol.-% kann dies nun je nach Messbereich bis zu 1 Vol.-% werden.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Die Prüfung auf **Querempfindlichkeiten** erfolgt nur am Nullpunkt.

Hier macht die DIN EN 14181 keine Vorgaben.
Mit der VDI 3950 gibt es nun eine klare Bestimmung zur Durchführung.

Aus fachlicher Sicht ist dies Vorgehen jedoch nicht immer sinnvoll, denn manche Störkomponente wirkt nicht (nur) auf den Nullpunkt, kann jedoch auf die Empfindlichkeit erheblichen Einfluss haben.

Hier war die „alte VDI 3950“ mehr praxisbezogen, da die Prüfungen aufgrund der Ergebnisse der Eignungsprüfung durchzuführen waren.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Nach DIN EN 14181 muss jede Komponente zeitgleich mit allen für die Normierung nötigen Größen (unabhängig für AMS und SRM) kalibriert werden.

Als einzige Ausnahme hierzu kann die **Feuchte**, wenn diese zuvor kalibriert wurde, als Festwert zum SRM eingesetzt werden.

Dies ist eine Erleichterung, speziell bei komplexen Messanlagen mit mehreren feucht messenden Analysengeräten.

Allerdings: Es muss der höchste gemessene Feuchtwert als Festwert benutzt werden - damit werden die Wertepaare ggf. stärker streuen, als es für den Anlagenbetrieb charakteristisch wäre.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

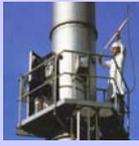
VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Die **Gültigkeit der Kalibrierung** kann bei nullpunktnahen Punktehaufen auf 20 % vom Grenzwert festgelegt werden.

Hier hat die DIN EN 14181 keine wirklich eindeutige Formulierung für die Fälle, wo Konzentrationen nur in Nullpunktnähe gemessen werden:

Nr. 6.5: Referenzmaterial kann oberhalb der gemessenen Konzentrationen als Teil der Kalibrierung verwendet werden...

Ob die 50%-Grenze, die gleichen Abschnitt als Limit für die Erweiterung einer gültigen Kalibrierung im Rahmen der jährlichen Funktionsprüfung genannt ist, auch als Grenze für die Gültigkeit bei Verwendung des Referenzmaterials zu werten ist, ist unklar!



Für die Bezugskomponenten sind keine Anforderungen an die Variabilität und Gültigkeit genannt.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 – Neuerungen zur DIN EN 14181

Die Kalibrierung ist nun auch bei TALuft-Anlagen grundsätzlich **alle drei Jahre** zu wiederholen.

Damit entfällt die bisher gültige 5-Jahresfrist an diesen Anlagen.

Ob dies an TALuft-Anlagen automatisch nach Erscheinen der VDI 3950 als Weissdruck gilt, hängt von der Formulierung im jeweiligen Bescheid ab.

Grundsätzlich interessant ist auch die Situation, wenn in einem Bescheid konkret auf die VDI 3950 Blatt 1 verwiesen wird: formal müsste dann nach der alten Richtlinie solange weiter gearbeitet werden, bis dies in einem neuen Bescheid angepasst wird.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

Einbaubestätigung

Hier ist nun gefordert, eine weitgehend **komplette Funktionskontrolle inkl. Rechnerprüfung** durchzuführen.

Falls der Abstand zwischen Einbaubestätigung und Kalibrierung nicht mehr als 4 Wochen beträgt, braucht die Funktionskontrolle nicht nochmals durchgeführt werden.



Nach bisherigen Erfahrungen wird diese 4-Wochen-Frist nur in Ausnahmefällen einzuhalten sein – damit wird hier in der Praxis weiterer Zusatzaufwand generiert!

TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

Fazit

Die neue VDI 3950 hat an vielen Stellen eine viel klarere Durchführungsbeschreibung gegeben als dies in der DIN EN 14181 gegeben ist.

Eindeutig positiv: künftig werden Funktionsprüfungen und Kalibrierungen wieder an allen Anlagenarten (TALuft / 13. BImSchV / 17. BImSchV) nach einer gleichartigen Methodik durchgeführt.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950

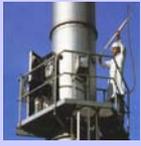


Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

Es ist mit der neuen VDI 3950 aber leider nicht gelungen, den teilweise völlig überhöhten Aufwand aus den Vorgaben der DIN EN 14181 soweit herauszulösen, um damit zumindest für TALuft-Anlagen technische sinnvolle Erleichterungen zu ermöglichen.

Damit hätten alle Beteiligten dann auch für die anderen Anlagen eine Basis erhalten, um den Rahmen für Einzelfall-Regelungen bei technisch nötigen Ausnahmen leichter abschätzen zu können.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

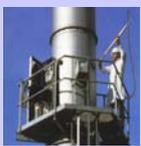
Ärgerliche Inkonsequenz:

an einigen Stellen geben die neuen Richtlinien eine fast auf jeden Handgriff genau vorgeschriebene Arbeitsanweisung

– und versagen dann an anderer Stelle, wo wichtige Dinge gar nicht behandelt werden oder wo die aufgestellten Forderungen in der Praxis technisch nicht umsetzbar sind.

Folge:

An sehr vielen Anlagen müssen individuelle Lösungen gefunden werden.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

VDI 3950



Industrie Service

VDI 3950 Entwurf

Daraus folgt, dass – wie ja schon durch die DIN EN 14181 erzwungen – vorerst jede Kalibrierarbeit auch weiterhin im Vorfeld erst zwischen Behörde, Betreiber und dem Messinstitut abgestimmt werden muss!

Die neue VDI 3950 hat diese Situation leider nicht wesentlich verändert.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Messunsicherheit: Praktische Beispiele für die Anwendung der VDI 4219

Dipl.-Ing. Christian Mainx, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe

- Wege zur Bestimmung der Messunsicherheit
 - direkter Ansatz
 - indirekter Ansatz
- Beispiel zur Anwendung des indirekten Ansatzes
- Aufstellung einer Methodenmodellgleichung am Beispiel einer Staubmessung nach DIN EN 13284-1
- Möglichkeiten zur Bestimmung der Unsicherheitsbeiträge von einzelnen Einflussgrößen
 - Typ-A – Auswertung
 - Typ-B – Auswertung
- Verknüpfung von Unsicherheiten der Einflussgrößen zu einer kombinierten Gesamtunsicherheit

1 Einführung

Bei der Auswertung von Emissionsmessungen, die auf Grundlage der §§ 26/28 BImSchG durchgeführt werden, muss die Messunsicherheit für die durchgeführten Bestimmungen ermittelt und im Messbericht ausgewiesen werden. Besondere Bedeutung kommt der Messunsicherheit seit der Novellierung der TA Luft im Juli 2002 zu. Für die Beurteilung der Messergebnisse von Einzelmessungen wird dort die Berücksichtigung der Messunsicherheit gefordert.

In der Richtlinie VDI 4219 (Entwurf vom Oktober 2005) „Ermittlung der Unsicherheit von Emissionsmessungen mit diskontinuierlichen Messverfahren“ werden standardisierte Vorgehensweisen für die Ermittlung der Messunsicherheit beschrieben.

Bei der Ermittlung der Messunsicherheit wird zwischen dem direkten und dem indirekten Ansatz unterschieden.



Der direkte Ansatz basiert auf der zeitgleichen Anwendung des Messverfahrens mit zwei unabhängigen und baugleichen Probenahme-einrichtungen unter Feldbedingungen (Doppelbestimmungen). Zur Ermittlung der Messunsicherheit werden die Ergebnisse von mindestens 20 Doppelbestimmungen statistisch ausgewertet. Dabei soll die Übertragbarkeit der ermittelten Messunsicherheit auf zukünftige Messungen durch die Abdeckung einer möglichst großen Bandbreite von Rahmenbedingungen gewährleistet werden (z. B. durch Durchführung von Doppelbestimmungen an unterschiedlichen Anlagenarten).



Bei der Anwendung des indirekten Ansatzes wird die Messunsicherheit über die Schätzung der Unsicherheitsbeiträge von Eingangsgrößen, die in die Berechnung des Messergebnisses einfließen, ermittelt. Eine Methodenmodellgleichung beschreibt den Rechenweg, mit dem das Messergebnis aus den Eingangsgrößen gebildet wird. Zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des Endergebnisses werden die Unsicherheiten der Eingangsgrößen über eine Fehlerfortpflanzungsrechnung miteinander verknüpft. In der Fehlerfortpflanzungsrechnung werden die Varianzen (Quadrate der Unsicherheitsbeiträge) der Eingangsgrößen mit Empfindlichkeitskoeffizienten gewichtet und aufaddiert.

Die Empfindlichkeitskoeffizienten werden durch partielle Differentiation der Methodenmodellgleichung nach den jeweiligen Eingangsgrößen berechnet.

2 Anwendung des indirekten Ansatzes zur Ermittlung der kombinierten Standardunsicherheit einer Staubmessung nach DIN EN 13284-1

Voraussetzung für die Anwendbarkeit des indirekten Ansatzes nach VDI 4219 ist eine richtlinienkonforme Durchführung der zu beurteilenden Messung. Die Rahmenbedingungen bei der Messung müssen ebenfalls den einschlägigen Richtlinien genügen.

Bei der Anwendung des indirekten Ansatzes werden über die Rahmenbedingungen spezifizierte Einzelmessungen beurteilt. Der nachfolgend beschriebene Rechengang muss deshalb für jede zu beurteilende Einzelmessung bzw. für jede Messreihe gesondert durchgeführt werden. Dabei müssen die tatsächlich bei der Messung (der Messreihe) herrschenden Rahmenbedingungen in die Berechnung eingehen.

2.1 Formulierung der Methodenmodellgleichung

Mit der Methodenmodellgleichung wird der Rechenweg formuliert, mit dem das Endergebnis der Messung aus den Eingangsgrößen gebildet wird. Im vorliegenden Beispiel wird die Staubmassenbestimmung durch Auswägung des Analysenfilters realisiert. Für die Bestimmung des abgesaugten Gasvolumens wird ein Gasvolumenmessgerät trockener Bauart eingesetzt. Die verwendete Vakuumpumpe ist nach dem Gasvolumenmessgerät angeordnet, d.h. das Gasvolumenmessgerät arbeitet im Unterdruckbereich.

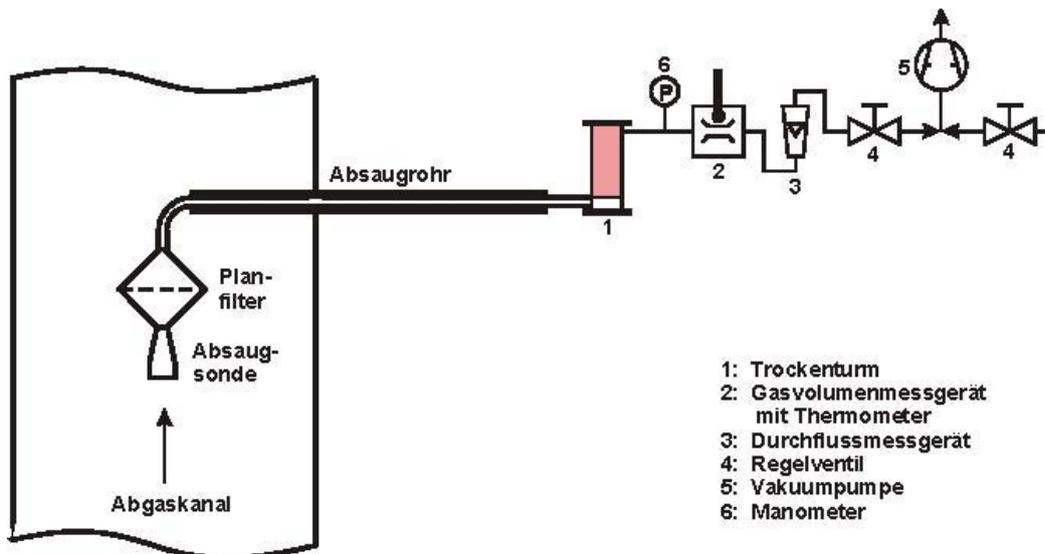


Abb.: Skizze des Messaufbaus für die zu beurteilende Messung

Methodenmodellgleichung:

$$c = \frac{(m_{E,F} - m_{A,F}) \times (t_G + T_0) \times p_0}{(V_E - V_A) \times F \times T_0 \times (p_U + p)} = 7,1 \text{ mg/m}^3$$

Unsicherheitsbehaftete Eingangsgrößen:

- $m_{A,F}$: Filtermasse bei der Vorwägung in g
- $m_{E,F}$: Filtermasse bei der Rückwägung in g
- V_A : Gasvolumen-Zählerstand zu Messbeginn in m^3
- V_E : Gasvolumen-Zählerstand zu Messende in m^3
- F : Kalibrierfaktor des Gasvolumenmessgerätes
- t_G : mittlere Temperatur am Gasvolumenmessgerät in $^{\circ}\text{C}$
- p_U : Umgebungsluftdruck in hPa
- p : mittlerer Druck am Gasvolumenmessgerät in hPa

Für die folgenden Berechnungen ist die Zerlegung der Methodenmodellgleichung sinnvoll. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine modulare Abarbeitung der Rechenschritte.

Bestimmung der Staubmasse:

$$\Delta m = m_{E,F} - m_{A,F}$$

Bestimmung des Probenvolumens (bezogen auf trockenes Gas unter Normbedingungen):

$$V_G = (V_E - V_A) \times F \times \frac{T_0}{t_G + T_0} \times \frac{p_U + p}{p_0}$$

Berechnung der Staubkonzentration:

$$c = \frac{\Delta m}{V_G}$$

2.2 Methoden zur Ermittlung von Unsicherheitsbeiträgen der Eingangsgrößen

Typ-A – Auswertung: Statistische Auswertung von Reihen von Beobachtungen (Experimente)

Unsicherheitsbeiträge der Eingangsgrößen lassen sich durch Experimente, deren Ergebnisse statistisch ausgewertet werden, bestimmen. In der Norm prEN ISO 20988¹ sind acht Arten von Experimenten mit entsprechenden statistischen Auswertemethoden beschrieben:

1. Einfache Stichprobenmessungen
2. Mehrmalige Beobachtung eines Referenzmaterials mit einer Messeinrichtung
3. Beobachtung verschiedener Referenzmaterialien im Rahmen einer Kalibrierung
4. Beobachtung von verschiedenen Referenzmaterialien mit identischen Messeinrichtungen
5. Vergleichsmessungen mit einem Referenzmessverfahren
6. Doppelbestimmungen mit zwei identischen Messeinrichtungen
7. Vergleich von identischen Messeinrichtungen im Ringversuch
8. Vergleichsmessungen mit identischen Messeinrichtungen

Typ-B – Auswertung: Fachkundige Beurteilung der Eingangsgrößen

Eine weitere Methode zur Ermittlung von Unsicherheitsbeiträgen u ist die Abschätzung der Streuung möglicher „wahrer“ Werte der Eingangsgröße um den Messwert der Eingangsgröße.

Dabei wird beurteilt

- um welches Maß ($\pm a$) mögliche „wahre“ Werte um den Messwert streuen können und
- mit welcher Wahrscheinlichkeitsverteilung „wahre“ Werte im Intervall $\pm a$ auftreten können.

In der Praxis werden hauptsächlich zwei Verteilungsformen beobachtet:

1. der „wahre“ Wert streut gleichverteilt im Intervall $\pm a$ um den Messwert

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

2. der „wahre“ Wert streut normalverteilt im Intervall $\pm a$ um den Messwert

$$u = \frac{a}{2}$$

Eine dritte gängige Variante einer Typ-B – Auswertung ist die Verwendung von Qualitätskennwerten des eingesetzten Messgerätes. Diese können beispielsweise vom Gerätehersteller bereitgestellt werden. Solche Präzisionsangaben werden üblicherweise als erweiterte Messunsicherheiten $U_{0,95}$ auf Basis eines 95 % Vertrauensniveaus angegeben. Die Unsicherheit der Eingangsgröße berechnet sich dann zu

$$u = \frac{U_{0,95}}{2}$$

¹ ISO/DIS 20988, Feb. 05: Air Quality - Guide to estimating measurement uncertainty bzw. prEN ISO 20988, Dez. 04: Luftbeschaffenheit – Leitfaden zur Schätzung der Messunsicherheit, (ISO/DIS 20988:2004); Deutsche Fassung

2.3 Ermittlung der Unsicherheitsbeiträge der Massenbestimmung

2.3.1 Ermittlung des Unsicherheitsbeitrages einer Wägung

Abschätzung über eine Typ-A – Auswertung:

Durch wiederholte Massebestimmungen eines Referenzgewichtes über einen längeren Zeitraum (Fall 2 nach prEN 20988) steht eine Datenbasis zur Verfügung, die statistisch ausgewertet werden kann.

$$\text{var}(m) = \sum_{i=1}^N \frac{(m_i - m_R)^2}{N} + u^2(m_R)$$

$$u(m) = \sqrt{\text{var}(m)} = 0,0004 \text{ g}$$

(Gültig, wenn die Massebestimmungen frei von systematischen Abweichungen (Bias-frei, $m_i \approx m_R$) sind.)

m_R : Masse des Referenzgewichtes

m_i : Messergebnis bei der i-ten Wägung des Referenzgewichtes

N: Anzahl der Wägungen

$u(m_R)$: Unsicherheit der Massenangabe m_R des Referenzgewichtes (Herstellerangabe)

$\text{var}(m)$: Varianz des Ergebnisses m einer Wägung

$u(m)$: Unsicherheit des Ergebnisses m einer Wägung

2.3.2 Berechnung der Empfindlichkeitskoeffizienten für die Wägungen

Zur Bestimmung der Empfindlichkeitskoeffizienten muss die Funktion

$$\Delta m = m_{E,F} - m_{A,F}$$

nach den einzelnen Massebestimmungen partiell differenziert werden. Dabei werden die übrigen Variablen (Einflussgrößen) als Konstanten angesehen.

$$e(m_{E,F}) = \frac{\partial \Delta m}{\partial m_{E,F}} = 1$$

$$e(m_{A,F}) = \frac{\partial \Delta m}{\partial m_{A,F}} = -1$$

2.3.3 Berechnung der Standardunsicherheit für die Massebestimmung

Die kombinierte Standardunsicherheit für die Massebestimmung wird nach dem Prinzip der Fehlerfortpflanzung berechnet. Dabei werden die quadrierten Unsicherheiten der Einflussgrößen (Varianzen) mit den quadrierten entsprechenden Empfindlichkeitskoeffizienten multipliziert und die Ergebnisse aufsummiert. Die Quadratwurzel des Ergebnisses dieser Berechnungen entspricht der Standardunsicherheit der Massebestimmungen. Im vorliegenden Fall wird angenommen, dass allen Massebestimmungen der gleiche Unsicherheitsbeitrag $u(m)$ zugewiesen werden kann.

$$u(\Delta m) = \sqrt{\sum u_i^2 \times e_i^2}$$

$$= \sqrt{2 \times u^2(m)} = 0,0006 \text{ g}$$

2.4 Ermittlung der Unsicherheitsbeiträge der Eingangsgrößen bei der Volumenbestimmung

2.4.1 Unsicherheitsbeitrag durch Ablesung am Gasvolumenmessgerät

Abschätzung über eine Typ-B – Auswertung:

Die kleinste Skaleneinteilung am Gasvolumenmessgerät beträgt $a_{\text{read}}(V) = 0,001\text{m}^3$. Daraus folgt, dass bei einer Ablesung des Zählerstandes der „wahre“ angezeigte Wert um maximal $a_{\text{read}}/2$ vom abgelesenen Wert V abweicht. Alle möglichen angezeigten Werte im Intervall $\pm a_{\text{read}}/2$ um den abgelesenen Wert können mit der gleichen Wahrscheinlichkeit auftreten. Es liegt folglich eine Gleichverteilung der Werte vor. Der Unsicherheitsbeitrag einer Ablesung berechnet sich zu

$$u_{\text{read}}(V) = \frac{a_{\text{read}}(V)}{2 \times \sqrt{3}} = 0,0003\text{m}^3$$

2.4.2 Unsicherheitsbeitrag der Kalibrierung des Gasvolumenmessgerätes

Abschätzung über eine Typ-B – Auswertung:

Das Gasvolumenmessgerät ist mit einem Kalibrierfaktor F versehen, der in regelmäßigen Zeitabständen im Rahmen der internen Qualitätssicherung überprüft wird. Durch diese QS-Maßnahme wird sichergestellt, dass die Unsicherheit des Kalibrierfaktors 1 % nicht übersteigt. Diese Unsicherheit wird als relative Standardunsicherheit ausgewiesen. Im vorliegenden Fall resultiert daraus für einen Kalibrierfaktor von $F = 1,05$ der absolute Unsicherheitsbeitrag $u_{\text{cal}}(F)$, der ohne weitere Umrechnungen in die Fehlerberechnung einfließen kann.

$$u_{\text{cal}}(F) = 0,01$$

2.4.3 Unsicherheitsbeitrag durch die Temperaturbestimmung am Gasvolumenmessgerät

Die Unsicherheitsbeiträge werden über Typ-B – Auswertungen geschätzt.

Unsicherheitsbeitrag durch Ablesung

Analog zur Ablesung des Gasvolumenmessgerätes ergibt sich bei einer kleinsten Skaleneinteilung am Temperaturmessgerät von $a_{\text{read}}(t_G) = 1\text{ }^\circ\text{C}$ ein Unsicherheitsbeitrag von

$$u_{\text{read}}(t_G) = \frac{a_{\text{read}}(t_G)}{2 \times \sqrt{3}} = 0,3\text{ }^\circ\text{C}$$

Unsicherheitsbeitrag des Gerätes (Präzision)

Für das eingesetzte Temperaturmessgerät weist der Gerätehersteller eine maximale erweiterte Messunsicherheit von 0,5 % vom Messbereichsendwert (MBE), basierend auf einen 95 % Vertrauensbereich, aus. Für den Einsatzfall beträgt die erweiterte Messunsicherheit $U_{\text{cal}}(t) = 6\text{ }^\circ\text{C}$ (im Messbereich 0 - 1200 $^\circ\text{C}$). Der Unsicherheitsbeitrag für die Fehlerberechnung beträgt dann

$$u_{\text{cal}}(t_G) = \frac{a_{\text{cal}}(t_G)}{2} = 3\text{ }^\circ\text{C}$$

Unsicherheitsbeitrag durch Temperaturschwankungen während der Probenahme

Während der halbstündigen Probenahmedauer wird die Temperatur $n = 5$ mal in regelmäßigen Zeitabständen Abgelesen. Die fünf Ablesungen ergeben Werte von 17 °C, 21 °C, 23 °C, 24 °C und 24 °C. Daraus resultiert ein Mittelwert für die Temperatur von $\bar{t}_G = 21,8$ °C. Der Unsicherheitsbeitrag der Temperaturstreuung um den Mittelwert kann über eine Typ-A – Auswertung abgeschätzt werden.

$$u_{mean}(t_G) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_{Gj} - \bar{t}_G)^2} = 2,9^\circ\text{C}$$

Gesamtunsicherheit der Temperaturmessung

Über die Fehlerfortpflanzungsrechnung wird die Gesamtunsicherheit der Temperaturmessung ermittelt.

$$u(t_G) = \sqrt{u^2_{read}(t_G) + u^2_{cal}(t_G) + u^2_{mean}(t_G)} = 4,2^\circ\text{C}$$

2.4.4 Unsicherheitsbeitrag durch die Druckbestimmung am Gasvolumenmessgerät

Am Gasvolumenmessgerät wird der relative Gasdruck (bezogen auf den Umgebungsluftdruck) gemessen. Die Unsicherheitsbeiträge werden analog zu den Auswertungen für die Unsicherheitsbeiträge der Temperaturbestimmung über Typ-B – Auswertungen geschätzt.

Unsicherheitsbeitrag durch Ablesung bei einer kleinsten Skaleneinteilung von $a_{read}(p) = 5$ hPa

$$u_{read}(p) = \frac{a_{read}(p)}{2 \times \sqrt{3}} = 1,4 \text{ hPa}$$

Unsicherheitsbeitrag des Gerätes (Präzision) bei einer ausgewiesenen Messunsicherheit von 2 % vom MBE (0-500 hPa)

$$u_{cal}(p) = \frac{a_{cal}(p)}{2} = 5 \text{ hPa}$$

Unsicherheitsbeitrag durch Druckschwankungen während der Probenahme

Während der halbstündigen Probenahmedauer ändert sich der Unterdruck am Gasvolumenmessgerät infolge zunehmender Filterbelegung. Der Unterdruck wird $n = 5$ mal in regelmäßigen Zeitabständen abgelesen. Die fünf Ablesungen ergeben Werte von -85 hPa, -90 hPa, -100 hPa, -105 hPa und -110 hPa. Daraus resultiert ein Mittelwert für den Unterdruck von $\bar{p} = -98$ hPa. Der entsprechende Unsicherheitsbeitrag wird wieder über eine Typ-A – Auswertung abgeschätzt.

$$u_{mean}(p) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2} = 10,4 \text{ hPa}$$

Gesamtunsicherheit der Temperaturmessung

Über die Fehlerfortpflanzungsrechnung wird die Gesamtunsicherheit der Druckmessung ermittelt.

$$u(p) = \sqrt{u^2_{read}(p) + u^2_{cal}(p) + u^2_{mean}(p)} = 11,6 \text{ hPa}$$

2.5 Ermittlung der Empfindlichkeitskoeffizienten der Unsicherheitsbeiträge zur Volumenbestimmung

2.5.1 Empfindlichkeitskoeffizient für den Unsicherheitsbeitrag des Anfangsvolumens V_A

Zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten muss die Funktion

$$V_G = (V_E - V_A) \times F \times \frac{T_0}{t_G + T_0} \times \frac{p_U + p}{p_0}$$

nach dem Anfangsvolumen V_A partiell differenziert werden. Dabei werden die übrigen Variablen (Einflussgrößen) als Konstanten angesehen.

Die partielle Ableitung ergibt

$$e(V_A) = \frac{\partial V_G}{\partial V_A} = -K \quad \text{und entsprechend} \quad e(V_E) = \frac{\partial V_G}{\partial V_E} = K$$

Für die numerische Durchführung dieser Berechnungen im Praxiseinsatz bietet sich die Anwendung einer Tabellenkalkulation an.

2.5.2 Empfindlichkeitskoeffizient für den Unsicherheitsbeitrag der Temperatur t_G am Gasvolumenmessgerät

Zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten muss die Funktion

$$V_G = \frac{1}{t_G + T_0} \times T_0 \times (V_E - V_A) \times F \times \frac{p_U + p}{p_0}$$

nach der Temperatur t_G partiell differenziert werden. Dabei werden die übrigen Variablen (Einflussgrößen) wieder als Konstanten angesehen.

Die partielle Ableitung ergibt

$$e(t_G) = \frac{\partial V_G}{\partial t_G} = -\frac{K}{(t_G + T_0)^2}$$

Diese Berechnungen werden für alle Eingangsgrößen durchgeführt. Im Ergebnis erhält man die Standardunsicherheiten und Empfindlichkeitskoeffizienten der Eingangsgrößen:

$V_A = 53,246 \text{ m}^3$	$u(V_A) = 0,0003 \text{ m}^3$	$e(V_A) = -0,868$
$V_E = 54,597 \text{ m}^3$	$u(V_E) = 0,0003 \text{ m}^3$	$e(V_E) = 0,868$
$F = 1,05$	$u(F) = 0,01$	$e(F) = 1,116$
$t_G = 21,8 \text{ }^\circ\text{C}$	$u(t_G) = 4,2 \text{ }^\circ\text{C}$	$e(t_G) = -0,004$
$p_U = 1002 \text{ hPa}$	$u(p_U) = 5 \text{ hPa}$	$e(p_U) = 0,001$
$p = -98 \text{ hPa}$	$u(p) = 11,6 \text{ hPa}$	$e(p) = 0,001$

Eingesetzt in die Methodenmodellgleichung ergibt sich aus den Eingangsgrößen ein abgesaugtes Normvolumen von $V_G = 1,172 \text{ m}^3$. Der Unsicherheitsbereich des Normvolumens wird durch Fehlerfortpflanzungsrechnung mit den ermittelten Unsicherheiten und Empfindlichkeitskoeffizienten der Eingangsgrößen berechnet.

$$u(V_G) = \sqrt{\sum (e_i^2 \times u_i^2)} = 0,026 \text{ m}^3$$

2.6 Kombinierte Standardunsicherheit des Gesamtverfahrens

2.6.1 Berechnung der Empfindlichkeitskoeffizienten

Zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten muss die Funktion

$$c = \frac{\Delta m}{V_G}$$

nach der Staubmasse Δm und nach dem Probevolumen V_G partiell differenziert werden. Dabei wird die zweite Variable jeweils als Konstante angesehen.

Die partielle Ableitung ergibt bei $\Delta m = 8,3 \text{ mg}$ und $V_G = 1,172 \text{ m}^3$

$$e(\Delta m) = \frac{\partial c}{\partial \Delta m} = \frac{1}{V_G} = 0,9$$

und

$$e(V_G) = \frac{\partial c}{\partial V_G} = \frac{\Delta m}{V_G^2} = -6,0$$

2.6.2 Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit

Durch Fehlerfortpflanzungsrechnung ergibt sich für das Messergebnis ($c = 7,1 \text{ mg/m}^3$) folgende kombinierte Standardunsicherheit.

$$u(c) = \sqrt{u^2(\Delta m) \times e^2(\Delta m) + u^2(V_G) \times e^2(V_G)} = 0,5 \text{ mg/m}^3$$

2.6.3 Berechnung der erweiterten Standardunsicherheit

Für die Beurteilung von Messergebnissen gemäß den Vorgaben nach TA Luft ist die erweiterte Messunsicherheit heranzuziehen. Diese wird aus der kombinierten Standardunsicherheit und einem Erweiterungsfaktor berechnet. Der Erweiterungsfaktor wird über das gewünschte Vertrauensniveau für die Unsicherheitsangabe (in der Regel 95 %) und den effektiven Freiheitsgrad der ermittelten kombinierten Standardunsicherheit festgelegt, und kann aus Tabellen entnommen werden.

Der effektive Freiheitsgrad wird nach VDI 4219 aus den Unsicherheitsbeiträgen der Eingangsgrößen und den damit verknüpften Empfindlichkeitskoeffizienten und Freiheitsgraden berechnet.

Für das vorliegende Beispiel ergibt sich ein effektiver Freiheitsgrad von $\nu_{\text{eff}} = 24$ und ein Erweiterungsfaktor k von 2,06 für ein Vertrauensniveau von 95 %.

Als Ergebnis der Schätzung der erweiterten Messunsicherheit einer Staubmessung mit einem indirekten Ansatz erhält man so

$$U_{0,95} = k \times u(c) = 1,1 \text{ mg/m}^3 \quad \text{bzw.} \quad W_{0,95} = \frac{U_{0,95}}{c} = 15 \%$$

bei einer gemessenen Staubkonzentration von $c = 7,1 \text{ mg/m}^3$.

DIN EN 15259 (Entwurf 08-2005) – Messplanung und Messstrategie

Dr. Michael Waeber, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München

DIN EN 15259 Entwurf



Industrie Service

DIN EN 15259

Die neue Europäische Norm 15259 umfasst u.a. den Inhalt der VDI 4200 und wird diese dann vermutlich später ersetzen.

Sie behandelt im Wesentlichen:

- **Gestaltung von Messplätzen**
- **Messstrategie und Messplanung**
- **Probenahmestrategie**
- **Berichterstattung**



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



DIN EN 15259

Messtrecke und Messquerschnitt

Nr. 4.1: Zuverlässige und vergleichbare Ergebnisse, die im Rahmen der Messaufgabe repräsentativ für die Emissionen sind, können unter der Voraussetzung ermittelt werden, dass:

1. ein **Messquerschnitt** geschaffen wird, der die Entnahme einer repräsentativen Probe erlaubt;
2. die **Messaufgabe** und die zugehörigen Messstrategie mit dem Kunden und ggf. Behörde vor der Durchführung der Messungen **abgestimmt** werden;
3. eine **Messstrategie** festgelegt wird, die der Messaufgabe angemessen ist;
4. ein **Bericht** über die Ergebnisse erstellt wird, der alle Informationen enthält;
5. **kompetente Messinstitute** und **kompetentes Personal** eingesetzt werden.



Gestaltung von Messplätzen

Messtrecke und Messquerschnitt

Bereits bei der Planung sind folgende Punkte zu beachten (Nr. 5.2):

1. **Positionierung so, dass repräsentative Messungen durchgeführt werden können**
2. **Homogene Strömungsverhältnisse**
3. **Gerader Kanalabschnitt, Abstand zu Einbauten oder Umlenkungen**
4. **Messquerschnitt senkrecht zur Strömungsrichtung**
5. **Besser vertikale als horizontale Kanäle**
6. **Geeignete Messbühnen, sonst. Infrastruktur**
7. **Eindeutige Kennzeichnung**



Gestaltung von Messplätzen

Messtrecke und Messquerschnitt

Hier finden sich im Wesentlichen die Anforderungen wie in der DIN EN 13284-1 (Staubmessung) festgelegt:

1. **Winkel der Strömung gegenüber Achse des Kanals $< 15^\circ$**
2. **Keine lokale negative Strömung**
3. **Mindestgeschwindigkeit, abhängig vom Messverfahren (bei Staudruck $> 5 \text{ Pa}$)**
4. **Verhältnis von maximaler zu minimaler Strömungsgeschwindigkeit kleiner 3:1**



Die Anforderungen an die Ein- und Auslaufstrecke werden (analog Staub) nur in einer Anmerkung behandelt:

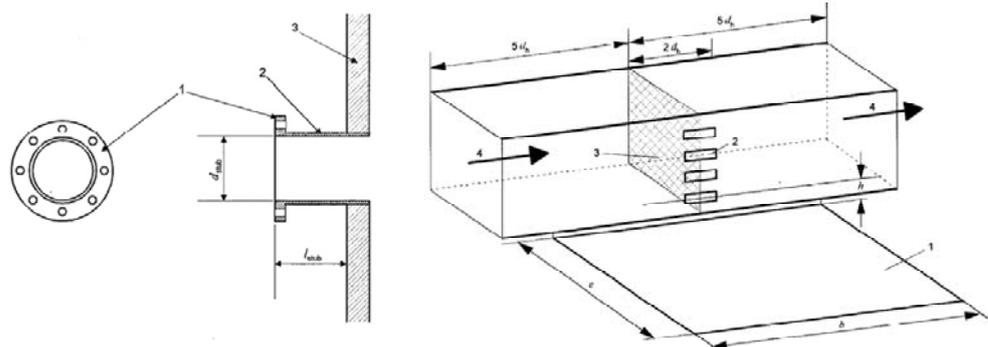
$5x D_{hydr}$ Einlaufstrecke, $2x D_{hydr}$ Auslaufstrecke ($5x D_{hydr}$ bis Ende Abgaskanal)

TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Gestaltung von Messplätzen

Messöffnungen

Die Richtlinie gibt eine Reihe von Ausführungsbeispielen für Messöffnungen sowie die Platzierung am Abgaskanal (Anhang A).



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Gestaltung von Messplätzen

Arbeitsfläche / Messbühne

Hier gibt die Richtlinie wichtige Informationen für die Einrichtung von Messplätzen. Sie unterstützt damit auch die Durchsetzung von vernünftigen Arbeitsbedingungen am Messplatz (Nr. 5.3):

- Traversierfläche (Freiraum hinter den Messöffnungen)
- Erreichbarkeit der Messöffnungen
- Energieversorgung
- Zugänglichkeit über Treppen
- Transportmöglichkeit für Geräte
- Arbeitssicherheit
- Vorzugsweise innerhalb der Betriebsgebäude, Schutz vor Staub und Hitze
- ansonsten Wetterschutz, Beheizung u.ä.



Messplanung

Festlegung der Messaufgabe

Berücksichtigung der Vereinbarungen mit dem Auftraggeber und der behördlichen Auflagen (Nr. 6.1).

Sammlung von anlagenbezogenem Vorwissen:
Unterlagen, Dokumente, Bescheide, Anlagenbeschreibungen
Messtechnische Voraussetzungen (Messplätze).

Ggf. ist eine Ortsbesichtigung nötig.

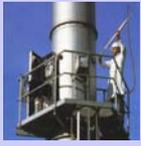


Messplanung

Messplan

Folgende Punkte sind festzulegen (Nr. 6.2):

- Betriebszustände der Anlage
- Zeitplan der Einzelmessungen
- Anzahl der Einzelmessungen
- Messverfahren
- Messplätze
- Personal
- Termine
- Messbericht



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Messplanung

Vorbereitung der Messungen

Durch den Anlagenbetreiber:

- Sicherstellen der festgelegten Betriebsbedingungen
- Einrichtung der Messplätze, Freilegen der Messöffnungen, ggf. Wetterschutz
- Bereitstellung von Hilfspersonal
- Umkleidemöglichkeit, Arbeitsraum für Vorauswertungen



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Messplanung

Vorbereitung der Messungen

Durch das Prüflaboratorium:

- Bereitstellung des Personals
- Bereitstellung der messtechnischen Ausrüstung
- Überprüfung, Justierung oder Kalibrierung der Messgeräte
- Vorbereiten der Probenahmematerialien
- Bestätigung der Messtermine



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Probenahmestrategie

Homogenität der Zusammensetzung des Abgases

(Nr. 7: Probenahmestrategie)

Wenn keine Information über die Verteilung im Messquerschnitt vorliegt, muss die Probenahme als **Netzmessung** erfolgen.

Die Anzahl und die Lage der Netzpunkte entspricht den aus den Richtlinien VDI 4200, VDI 2066 bzw. DIN EN 13284-1 bekannten Vorgaben für rechteckige und runde Messquerschnitte.

Es ist bei sammelnden Probenmedien die geschwindigkeits- bzw. massenproportionale Entnahme
oder

bei kontinuierlichen Messgeräten die Verknüpfung von örtlicher Konzentration und Abgasgeschwindigkeit (Massenstromdichte) anzuwenden.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

DIN EN 15259 Entwurf



Industrie Service

Probenahmestrategie

Homogenität der Zusammensetzung des Abgases

Wenn die Homogenität nachgewiesen wurde, darf die Probenahme im Abgas an jedem beliebigen Punkt erfolgen.

Für den **Nachweis der Homogenität** wurde ein sehr aufwendiges Verfahren festgelegt und erfordert den Einsatz von zwei Messeinrichtungen für die zu untersuchende Komponente – eine für die Netzmessung und eine als stationäre Messung. Die Messdauer für jeden Netzpunkt muss mind. 4xEinstellzeit bzw. mind. 3 Min. betragen.

Auswertung mit statistischem Verfahren (Standardabweichung für stationäre und Netz-Messung, Mittelwerte, ...).



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

DIN EN 15259 Entwurf



Industrie Service

Probenahmestrategie

Inhomogenität der Zusammensetzung des Abgases

Wenn nach der vorgenannten Auswertung als Ergebnis „**nicht homogen**“ erhalten wird, muss eine Netzmessung durchgeführt werden,
oder

- abhängig von der Größenordnung der Inhomogenität - darf die Messung am repräsentativen Punkt durchgeführt werden (wird ebenfalls aus der statistischen Auswertung erhalten).



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Probenahmestrategie

Beispiel zur Berechnung der Homogenität:



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Tabelle D.1 — Beispiel 1 (NO_x)

Achse - Tiefe	c_{grid} mg/m ³	c_{ref} mg/m ³	c_{grid} / c_{ref} %
Achse 1 - 0,16 m	523	492	106,3
0,47 m	554	501	110,6
0,78 m	567	499	113,6
1,09 m	539	504	106,9
Achse 2 - 0,16 m	498	493	100,8
0,47 m	497	489	101,6
0,78 m	505	486	103,9
1,09 m	480	463	103,7
Achse 3 - 0,16 m	510	468	109,0
0,47 m	523	474	110,3
0,78 m	553	472	117,2
1,09 m	544	474	114,8
Achse 4 - 0,16 m	460	467	98,5
0,47 m	445	447	99,6
0,78 m	466	455	102,4
1,09 m	447	445	100,4
Mittelwert	506,8	476,8	106,2
Standardabweichung	s_{grid}	s_{ref}	
	39,3	18,8	
Anzahl der Messungen	16		
Freiheitsgrade	15		
Homogenitätsprüfung:			
Prüfgröße (s_{grid}/s_{ref}) ²	4,35		
$F_{95\%}$	2,40		
Abgas	inhomogen		
zeitliche Standardabweichung s_{ref}	18,8 mg/m ³		
räumliche Standardabweichung s_{pos}	34,5 mg/m ³		
Zulässige erweiterte Unsicherheit U_{perm}	100 mg/m ³		
$f_{95-1; 0,95}$	2,131		
U_{pos}	73,5 mg/m ³		
$U_{pos} \leq 0,5 U_{perm}$	nein		
Notwendige Art der Messung	Netz		
Repräsentativer Messpunkt	—		
c_{grid} / c_{ref} am repräsentativen Messpunkt	—		

Probenahmestrategie

Auffinden des besten Messpunktes für AMS

Eine weitere, nicht weniger aufwendige Methode wird zum Auffinden des besten Messpunktes für die AMS-Messung beschrieben, wobei hier auch die Repräsentativität für die Massenstromdichte und die Sauerstoffkonzentration zu berücksichtigen ist.

Neben der eigentlichen Messkomponente ist folglich auch O₂, Temperatur und Abgasgeschwindigkeit mit stationärer und beweglicher Sonde aufzunehmen – dies bedeutet den Einsatz von 2 kompletten Messeinrichtungen.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Probenahmestrategie

Beispiel zum Auffinden des günstigsten Messpunktes:

Tabelle D.4 – Beispiel zum Auffinden des günstigsten Messpunktes

Achse - Höhe	NO _x		Sauerstoffgehalt		Temperatur		Geschwindigkeit		F ₁₀₀ %	Info Profil 1 abs(Abweichung)
	c _{NOx} mg/m ³	c _{SO₂} mg/m ³	o _{NOx} %	o _{SO₂} %	T _{NOx} °C	T _{SO₂} °C	v _{NOx} m/s	v _{SO₂} m/s		
Achse 1 - 0,16 m	516	492	7,8	8,6	362	346	27,2	20,3	126,2	0,12
0,47 m	542	501	7,8	8,7	373	346	28,9	20,5	129,9	0,16
0,78 m	540	499	7,9	8,8	380	346	29,3	19,9	135,1	0,21
1,09 m	554	504	7,9	8,8	376	346	30,3	23,1	123,6	0,10
Achse 2 - 0,16 m	429	493	10,6	8,0	343	346	16,0	19,6	87,2	0,28
0,47 m	497	489	8,6	8,8	355	344	29,0	19,5	144,1	0,30
0,78 m	505	486	8,3	8,8	373	344	30,3	20,5	136,1	0,22
1,09 m	480	463	8,3	8,7	384	344	27,1	20,5	125,4	0,12
Achse 3 - 0,16 m	440	468	9,4	8,7	332	342	5,7	20,3	28,8	0,68
0,47 m	487	474	9,2	8,9	339	343	21,5	23,0	95,6	0,18
0,78 m	492	472	8,6	8,8	384	342	31,2	21,0	143,2	0,29
1,09 m	495	474	8,7	8,9	361	342	29,7	21,2	136,6	0,23
Achse 4 - 0,16 m	460	467	9,4	8,9	333	341	7,1	21,7	34,4	0,79
0,47 m	445	447	9,1	8,8	335	341	20,0	21,0	86,9	0,15
0,78 m	466	455	9,0	8,8	347	341	28,3	20,6	140,6	0,27
1,09 m	447	445	9,0	8,8	341	341	27,2	20,6	133,5	0,20
Mittelwert	486,0	476,6	8,7	8,8	354,9	343,4	24,4	20,6	113,7	0,10



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

günstigster Messpunkt	Achse 1 - 1,09 m
F ₁₀₀ am günstigsten Messpunkt	123,6 %
Verhältnis des Messwertes am günstigsten Messpunkt zum Mittelwert aller Netzmessungen für:	
NO _x	$c_{NOx} / \bar{c}_{NOx} = 114,0 \%$
Sauerstoff	$o_{NOx} / \bar{o}_{NOx} = 90,7 \%$
Temperatur	$T_{NOx} / \bar{T}_{NOx} = 106,0 \%$
Geschwindigkeit	$v_{NOx} / \bar{v}_{NOx} = 124,4 \%$



Fazit

Die DIN EN 15259 beschreibt die messtechnischen Voraussetzungen für die Durchführung von Emissionsmessungen.

Dies betrifft die Auswahl und Lage von Messöffnungen sowie deren Ausführungen, die Infrastruktur an der Messstelle sowie Informationen zur Messplanung.

Weiterhin werden auch die Verantwortlichkeiten von Betreiber und Messinstitut bei Messungen behandelt.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Fazit

Sehr ausführlich werden Methoden bzgl. der Repräsentativitätsuntersuchung beschrieben.

Diese enorm aufwändige Vorgehensweise erscheint für viele Anlagen jedoch als überzogen aufwändig.

Die zusätzlichen Gewinn an Messgenauigkeit aus dieser bislang in der Praxis kaum angewandten Vorgehensweise gegenüber den Methoden ohne statistische Auswertungen sind bei den meisten Anlagen ganz sicher vernachlässigbar!



Einheitliche Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl

Rainer Schmitzer, Regierung von Mittelfranken

Regierung von Mittelfranken



Übersicht

- **Einleitung**
- **Bestimmung der Rußzahl**
 - Manuelles Verfahren
 - Kontinuierliches Verfahren
- **Regelungen zur kontinuierlichen Rußzahl-Überwachung**
 - Historie
 - 13. BImSchV, TA Luft
 - Richtlinien – Rundschreiben des BMU
- **Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl**
 - bisherige Praxis
 - neue Regelungen
- **Zusammenfassung**

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

2

Regierung von Mittelfranken



Einleitung

- Bei Feuerungsanlagen, die mit **Heizöl EL** betrieben werden sind hinsichtlich des Rußgehaltes im Abgas Emissionsgrenzwerte einzuhalten. Der Rußgehalt wird dabei in Form einer **Rußzahl** angegeben, deren Definition in **DIN 51402 Teil 1** (Ausgabe Oktober 1986) festgelegt ist.
- Für kleinere Feuerungsanlagen im Geltungsbereich der **1. BImSchV** steht ein einfaches Konventionsmessverfahren nach DIN 51402-1 zur Verfügung. Mit einer **Handrußpumpe** kann die Rußzahl durch **Einzelmessung** bestimmt werden.
- Für **genehmigungsbedürftige** Feuerungsanlagen und Einzelfeuerungen > 10 MW wird eine **kontinuierliche Überwachung** der Rußzahl gefordert. Die
 - Messverfahren
 - gesetzlichen Regelungen
 - Praxis der kontinuierlichen Überwachung
 sollen im folgenden vorgestellt werden.

Regierung von Mittelfranken

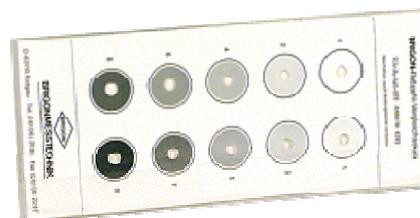


Bestimmung der Rußzahl (1)

- **Einzelmessung mittels Handrußpumpe**



- Nach der Absaugung eines vorgegebenen Abgasvolumens wird der sich auf Rußfilter-Blättchen niederschlagende Grauwert mit einer 10-stufigen Skala beurteilt. Die drei vorgeschriebenen Einzelmessungen werden gemittelt.
- Für eine kontinuierliche Überwachung der Rußzahl ist dieses Verfahren nicht geeignet.

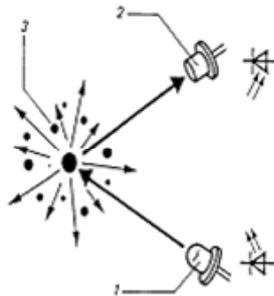




Bestimmung der Rußzahl (2)

➤ Kontinuierliches Verfahren – Streulichtmessgeräte

- Bei Streulichtmeßgeräten wird die Messprobe mit dem Sendelicht bestrahlt und der von den Partikeln gestreute Anteil unter einem definierten Winkelbereich ausgemessen. Man unterscheidet zwischen Messgeräten, die die Rußbestimmung ohne Probenahme unmittelbar im Abgaskanal vornehmen (in-situ-Messgeräte) und solchen, die eine extraktive Rauchgasprobe vermessen.



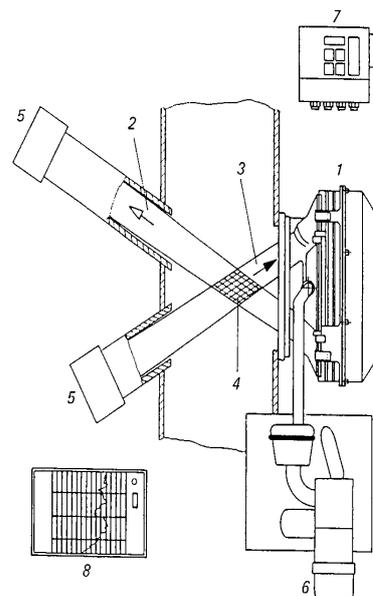
1 Lichtsender
2 Lichtempfänger
3 Rußpartikel



Bestimmung der Rußzahl (3)

➤ Kontinuierliches Verfahren – In-Situ-Streulichtmessgeräte

- In-situ-Streulichtmessgeräte senden da Licht direkt in den Abgaskanal, das an der Kanalrückseite in einer Lichtfalle aufgefangen und absorbiert wird. Aus einem definierten Messvolumen im Abgaskanal wird das Streulicht unter einem definierten Winkel empfangen und gemessen. Die optischen Grenzflächen werden mittels Spülluft vor Verschmutzungen geschützt.
- Wegen der Geometrie der Messanordnung sind diese Geräte für dickwandige Kanäle nicht geeignet.



1 Streulichtmeßgerät
2 Sendelicht
3 Streulicht
4 Meßvolumen
5 Lichtfalle
6 Spülluftmeß
7 Bedieneinheit
8 Schreiber 0-20 mA



Regelungen zur kontinuierlichen Rußzahl-Überwachung (1)

Historie (1)

- Die **Großfeuerungsanlagen-Verordnung** vom 22.06.1983 kannte den Begriff der Rußzahl noch nicht. Die Staubemissionen für flüssige Brennstoffe waren auf **50 mg/m³** begrenzt und sollten kontinuierlich überwacht werden.

Die niedrigen betrieblichen Staubemissionswerte waren jedoch bei Heizöl-EL-Feuerungsanlagen mit den vorhandenen Messgeräten nach dem Extinktionsmessverfahren nicht ausreichend zuverlässig zu bestimmen. Das StMLU hat daher 1994 den Einsatz von Rußzahlmessgeräten empfohlen.

- Die **TA Luft 86** forderte für genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen mit Heizöl EL die Einhaltung der **Rußzahl 1** und eine kontinuierliche Ermittlung der Abgastrübung, z. B. über die optische Transmission. Die Messeinrichtung sollte die Einhaltung des Schwärzungsgrades mit ausreichender Sicherheit erkennen lassen.
- Entsprechend **zugelassene Messeinrichtungen** waren erst Anfang der 90er Jahre verfügbar.



Regelungen zur kontinuierlichen Rußzahl-Überwachung (2)

Historie (2)

- In **Richtlinien des BMU** über die Bewertung von Rußzahlmessungen bei Heizöl-EL-Feuerungen (1993, 1997 und 1998) wurden

- **Mindestanforderungen an die Eignungsprüfung**
 - mindestens 50 % der Betriebszeit mit Messungen belegt; Minutenmittelwerte;
 - Ergebnisse als Rußzahl, Skala bis RZ 3, Reproduzierbarkeit < 15
 - zeitliche Änderung der Nullpunktsanzeige < 3 % des Sollwertes
 - zeitliche Änderung der Referenzpunktanzeige < 4 % des Sollwertes
 - Messung nur bei Betrieb des Brenners ab 10 Sekunden nach Zündung
- **Bewertungskriterien** für die Auswertung der Messungen festgelegt
 - Rußzahl 1 bzw. 2 überschritten, wenn Messwerte größer 1,5 bzw. 2,5
 - Rußzahl 1 eingehalten, wenn in 97 % der Betriebszeit die Rußzahl 1 und in 99 % der Betriebszeit die Rußzahl 2 nicht überschritten wird
 - Betriebszeiten und Überschreitungszeiten mit Betriebsstundenzähler erfassen
 - Rußzahl kontinuierlich mit Linienschreiber erfassen; Kontrollbuch

Regierung von Mittelfranken



Regelungen zur kontinuierlichen Rußzahl-Überwachung (3)

13. BImSchV 2004

- Die neue 13. BImSchV vom 20.07.2004 regelt in den Begriffsbestimmungen, dass Staubemissionen auch als **Rußzahl** und Staubemissionsgrenzwerte auch als zulässige **Rußzahl** angegeben werden können
- Bei **Feuerungsanlagen** für den Einsatz von **leichtem Heizöl** oder vergleichbaren flüssigen Brennstoffen gilt anstatt eines Tagesmittelwertes für Gesamtstaub die Emissionsbegrenzung **Rußzahl 1**
- Bei **Gasturbinenanlagen** für den Einsatz von **flüssigen Brennstoffen** darf die **Rußzahl** im **Dauerbetrieb** den Wert **2** (im **Anfahrbetrieb 4**) nicht überschreiten
- Falls eine Begrenzung der Rußzahl festgelegt ist hat der Betreiber die **Rußzahl kontinuierlich** zu **ermitteln**, zu **registrieren** und gemäß § 16 Abs. 1 **auszuwerten** (Bildung von Halbstunden- und Tagesmittelwerten, Bezugssauerstoffumrechnung). Der Betreiber hat hierzu die Anlagen vor Inbetriebnahme mit geeigneten Mess- und Auswerteinrichtungen auszurüsten.

Emissionsüberwachung
15.11.2006Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

9

Regierung von Mittelfranken



Regelungen zur kontinuierlichen Rußzahl-Überwachung (4)

TA Luft 2002

- Bei genehmigungspflichtigen **Feuerungsanlagen** bis 50 MW für den Einsatz von **leichtem Heizöl**, von Methanol, Ethanol, naturbelassenen Pflanzenölen oder Pflanzenölmethylestern gilt die Emissionsbegrenzung **Rußzahl 1**
- **Einzelfeuerungen** für die o. g. Brennstoffe mit einer Feuerungswärmeleistung von **10 MW** oder mehr, die Bestandteil einer gemeinsamen Anlage mit einer Feuerungswärmeleistung von 20 MW oder mehr sind, sollen mit Messeinrichtungen ausgerüstet werden, die die **Rußzahl** nach DIN 51402 Teil 1 im Abgas **kontinuierlich** ermitteln
- Bei genehmigungsbedürftigen **Gasturbinenanlagen** mit einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 50 MW für den Einsatz von **flüssigen Brennstoffen** darf die **Rußzahl** im **Dauerbetrieb** den Wert **2** und im **Anfahrbetrieb** den Wert **4** nicht überschreiten

Emissionsüberwachung
15.11.2006Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

10

Regierung von Mittelfranken



Regelungen zur kontinuierlichen Rußzahl-Überwachung (5)

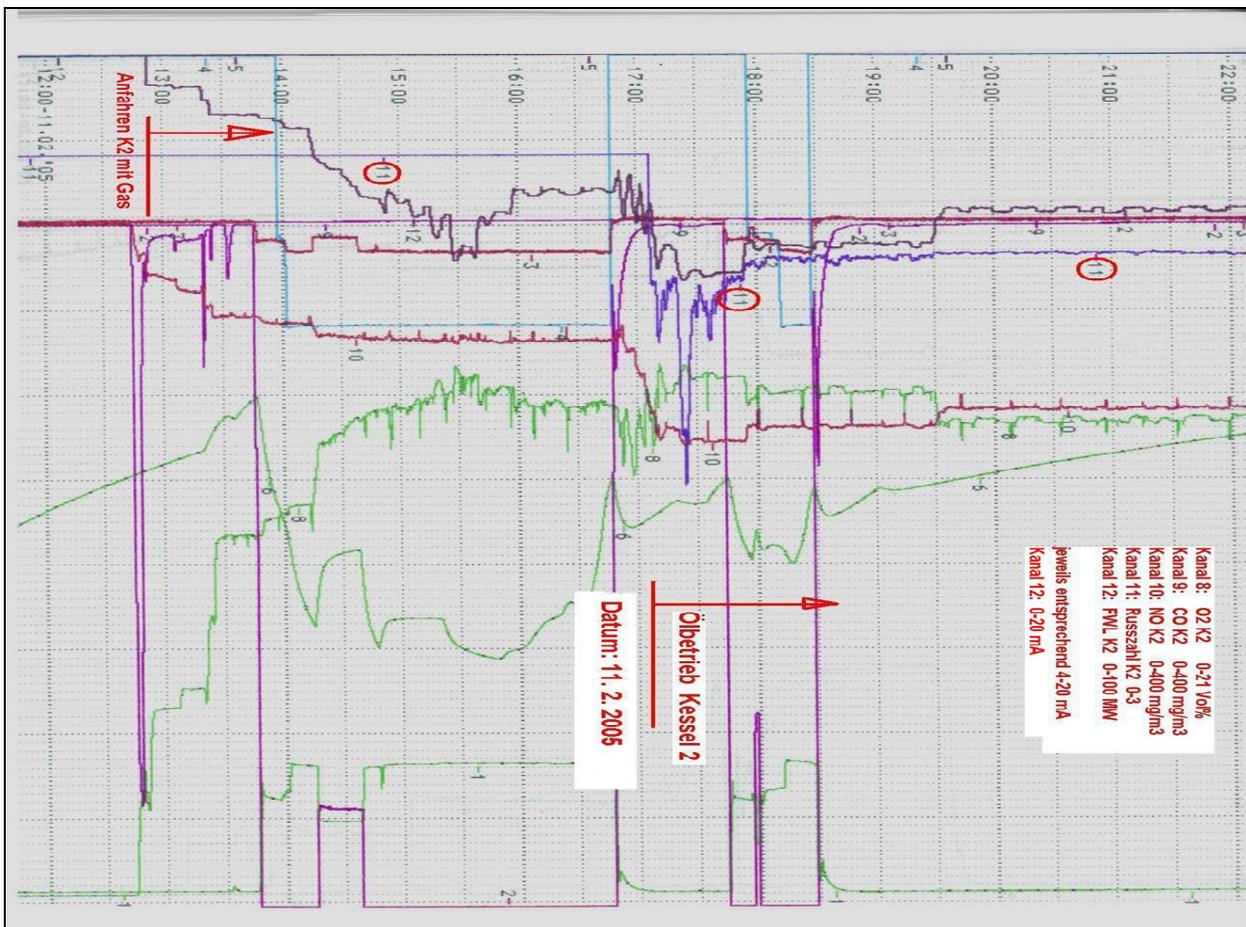
Richtlinien des BMU vom 23.06.2005

- Die **neuen Richtlinien** vom 23.06.2005 ersetzen u. a. die Richtlinien über die Bewertung von Rußzahlmessungen bei Heizöl-EL-Feuerungen von 1998
- Mindestanforderungen bei der **Eignungsprüfung**
 - Ergebnisse als Minutenmittelwerte auszuwerten; kein Sauerstoffbezug
 - Ergebnisse als Rußzahl, Skala bis RZ 5, Reproduzierbarkeit < 15
- Anforderungen an den Einsatz von Messeinrichtungen zur Bestimmung der Rußzahl
 - **Kalibrierung** nach VDI 2066 Blatt 8
 - **Rundung** nach Nr. 2.9 TA Luft, d. h. Messwerte > 1,5 wäre RZ 2, > 2,5 wäre RZ 3
 - Betriebszeiten und Überschreitungszeiten mit **Betriebsstundenzähler** zu erfassen und zu registrieren; **kontinuierliche Aufzeichnung** der Rußzahl
 - Messung nur bei Betrieb des Brenners ab 10 Sekunden nach Zündung
- Für Anlagen der 13. BImSchV (Anhang D) ist bei der Überwachung der Rußzahl "die **Auswertung sinngemäß** anzuwenden"

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

11



Regierung von Mittelfranken



Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl (2)

bisherige Praxis (2)

- Erfassung der **Betriebszeiten** des Brenners und der **Überschreitungszeiten** für Rußzahl 1 und Rußzahl 2 über **Betriebsstundenzähler**

Datum	Uhrzeit	Betriebsstunden	Grenzwert 1	Grenzwert 2	Unterschrift
03.01.05	10 ⁰⁰	8372,98	24,06	8,78	Haupt
07.02.05	11 ⁰⁰	8372,98	24,06	8,78	Haupt
07.03.05	16 ⁰⁰	8386,05	24,08	8,78	Haupt
01.04.05	12 ⁰⁰	8386,64 ^{0,55}	24,22 ^{0,14}	8,87 ^{0,09}	Haupt
01.05.05	10 ⁰⁰	8386,65	24,22	8,87	Haupt
01.06.05	10 ⁰⁰	8386,65	24,22	8,87	Haupt
04.07.05	8 ⁰⁰	8386,65	24,22	8,87	Haupt
05.08.05	10 ⁰⁰	8386,65	24,22	8,87	Haupt
02.09.05	10 ⁰⁰	8386,65	24,22	8,87	Haupt
10.10.05	10 ⁰⁰	8386,80	24,26	8,89	Haupt
05.11.05	11 ⁰⁰	8386,80	24,26	8,89	Haupt
02.12.05	11 ⁰⁰	8386,80	24,26	8,89	Haupt
3. 1.06	9 ⁰⁰	8387,45 ^{0,65}	24,70 ^{0,44}	9,25 ^{0,36}	Haupt

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

13

Regierung von Mittelfranken



Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl (3)

bisherige Praxis (3)

- Bewertung: Rußzahl 1 ist eingehalten, wenn in **97 %** der Betriebszeit die Rußzahl 1 und in **99 %** der Betriebszeit die Rußzahl 2 nicht überschritten wird.

Basiswerte

		K2	K3	K4	K5
Datum		03.01.2005 10:00	03.01.2005 10:00	03.01.2005 10:00	03.01.2005 10:00
Betriebsstunden	h	8.372,98 ✓	257,80 ✓	421,14 ✓	519,46 ✓
Grenzwert 1	h	24,06 ✓	2,58 ✓	2,24 ✓	1,59 ✓
Grenzwert 2	h	8,78 ✓	1,43 ✓	1,29 ✓	1,26 ✓

Werte zum Jahresabschluß

		K2	K3	K4	K5
Datum		03.01.2006 09:00			
Betriebsstunden	h	8.387,75 ✓	273,85 ✓	436,50 ✓	546,27 ✓
Grenzwert 1	h	24,70 ✓	2,62 ✓	2,25 ✓	1,59 ✓
	Soll: > 97 %	95,67% ✓	99,75% ✓	99,93% ✓	100,00% ✓
Grenzwert 2	h	9,25 ✓	1,43 ✓	1,29 ✓	1,26 ✓
	Soll: > 99 %	96,82% ✓	100,00% ✓	100,00% ✓	100,00% ✓
Grenzw.überschreitungen		Überschreitung GW 2			

Jahresbetriebsstunden (Ölbetrieb)

K2	h	14,77 ✓
K3	h	16,05 ✓
K4	h	15,36 ✓
K5	h	26,81 ✓

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

14

Regierung von Mittelfranken



Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl (4)

13. BImSchV

- Die Emissionsbegrenzung **Rußzahl 1** ersetzt hier den **Tagesmittelwert** für Gesamtstaub.
- Nach den Richtlinien des BMU ist bei der Überwachung der Rußzahl "die **Auswertung sinngemäß** anzuwenden".
- Demnach wäre eine Klassierung der Rußzahl mit einer Emissionsbegrenzung **Rußzahl 1** als **Tagesmittelwert** und **Rußzahl 2** als **Halbstundenmittelwert** denkbar.

ABER:

Damit wären die **Anforderungen** i. d. R. **geringer** als bisher bei gleichzeitig **höherem Aufwand** (Emissionsauswertesystem) !

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

15

Regierung von Mittelfranken



Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl (5)

TA Luft

- Die Emissionsbegrenzung **Rußzahl 1** ersetzt auch hier den Emissionsgrenzwert für Gesamtstaub. Dieser darf als **Tagesmittelwert** und der 2fache Wert von keinem **Halbstundenmittelwert** überschritten werden.
- Bei Einzelfeuerungen **kleiner 10 MW** als Bestandteil einer gemeinsamen Anlage sind **Einzelmessungen** der Rußzahl ausreichend.
- Für größere Einzelfeuerungen wird eine kontinuierliche Rußzahlmessung gefordert. Hierfür sind geeignete Mess- und Auswerteeinrichtungen einzusetzen. Demnach wäre auch hier eine Klassierung der Rußzahl mit einer Emissionsbegrenzung **Rußzahl 1** als **Tagesmittelwert** und **Rußzahl 2** als **Halbstundenmittelwert** denkbar.

ABER:

Damit wären die **Anforderungen** i. d. R. **geringer** als bisher bei gleichzeitig **höherem Aufwand** (Emissionsauswertesystem) !

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

16

Regierung von Mittelfranken



Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl (6)

Was nun ?

Nach Abwägung folgender Gesichtspunkte

- eine günstigere Bewertung durch Mittelwertbildung erscheint nicht gerechtfertigt
- der Aufwand einer elektronischen Auswerteinrichtung ist nicht gerechtfertigt
- die Richtlinien des BMU fordern für Rußzahlmeseinrichtungen ohnehin Betriebsstundenzähler für die Betriebszeiten und die Überschreitungszeiten

wird vorgeschlagen, die **bisherige Praxis** bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl **beizubehalten**, d. h. die Rußzahl 1 gilt als eingehalten, wenn in **97 %** der Betriebszeit die Rußzahl 1 und in **99 %** der Betriebszeit die Rußzahl 2 nicht überschritten wird.

Die hierfür erforderlichen **Betriebsstundenzähler** können wahlweise durch ein bereits vorhandenes **elektronisches Auswertesystem** ersetzt werden.

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

17

Regierung von Mittelfranken



Einheitliche Praxis bei der kontinuierlichen Überwachung der Rußzahl

Zusammenfassung

- **Für die kontinuierliche Überwachung der Rußzahl stehen eine Reihe von eignungsgeprüften Messgeräten zur Verfügung**
- **Die bisher geltenden Auswertekriterien für die Rußzahlmessung (97 % und 99 %-Kriterium) haben sich im Vollzug bewährt und tragen den betrieblichen Belangen (kurzfristig auftretende höhere Werte) Rechnung**
- **Die neuen Regelungen sind nicht eindeutig, erfordern einen höheren Überwachungsaufwand und stellen gleichzeitig geringere Anforderungen an den Betrieb**
- **Es wird deshalb vorgeschlagen, die bisherige Überwachungs- und Auswertepaxis bei der kontinuierlichen Rußzahlmessung beizubehalten**

Emissionsüberwachung
15.11.2006

Rainer Schmitzer
Regierung von Mittelfranken

18

Kontinuierliche Ermittlung von Betriebsgrößen – Alternative Methoden

Norbert Kraus, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Nürnberg

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Neue Vorgaben der 13. BImSchV

§ 15 Kontinuierliche Messungen

(1) Der Betreiber hat

- die Massenkonzentration der Emissionen an Gesamtstaub, Quecksilber, Gesamtkohlenstoff, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Schwefeltrioxid und die Rußzahl, soweit Emissionsgrenzwerte oder eine Begrenzung der Rußzahl festgelegt sind,
- den Volumengehalt an Sauerstoff im Abgas und
- die zur Beurteilung des ordnungsgemäßen Betriebs erforderlichen Betriebsgrößen, insbesondere Leistung, Abgastemperatur, Abgasvolumenstrom, Feuchtegehalt und Druck,

kontinuierlich zu ermitteln, zu registrieren, gemäß § 16 Abs. 1 auszuwerten.

Der Betreiber hat hierzu die Anlagen vor Inbetriebnahme mit geeigneten Mess- und Auswerteinrichtungen auszurüsten.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Neue Vorgaben der 13. BImSchV

§ 16 Auswertung und Beurteilung von kontinuierlichen Messungen

- (1) Während des Betriebes der Anlage ist aus den Messwerten für jede aufeinander folgende halbe Stunde der Halbstundenmittelwert zu bilden und auf den Bezugssauerstoffgehalt umzurechnen. Aus den Halbstundenmittelwerten ist für jeden Tag der Tagesmittelwert, bezogen auf die tägliche Betriebszeit, zu bilden. Für An- und Abfahrvorgänge, bei denen ein Überschreiten des Zweifachen der festgelegten Emissionsbegrenzungen nicht verhindert werden kann, sind Sonderregelungen zu treffen.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Interpretation der neue Vorgaben

Mit der neuen 13. BImSchV wird erstmals auch für Kraftwerksanlagen die kontinuierliche Ermittlung bestimmter Betriebsgrößen gefordert:

- **Leistung** (wurde i.d.R. auch schon bisher erfasst)
- **Abgastemperatur** (wurde i.d.R. auch schon bisher erfasst)
- **Abgasvolumenstrom** (wurde i.d.R. bisher nicht erfasst)
- **Feuchtegehalt** (wurde i.d.R. bisher nicht erfasst)
- **Druck** (wurde i.d.R. bisher nicht erfasst)

In § 15, Absatz 1, der 13. BImSchV wird der Begriff „ermitteln“ verwendet. Das bedeutet nicht zwangsläufig auch eine direkte Messung für die genannten Größen.

Die Auswertevorgaben in § 16 beziehen sich in erster Linie auf die zu überwachenden Schadstoffkonzentrationen.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Vorgaben der BMU-Richtlinien (1)

Zur bundeseinheitlichen Praxis bei der Überwachung der Emissionen wurden mit Rundschreiben des BMU vom 13.06.2005 Richtlinien erlassen, die die Grundlagen für die Emissionsüberwachung auf Basis der BImSchV's bzw. der TA Luft präzisieren.

In Anhang B dieser Richtlinien wird das Verfahren zur Registrierung der Messwerte, die Mittelwertbildung, die Normierung und Validierung näher beschrieben.

Damit ist für die Schadstoffkonzentrationen generell folgende Formel Grundlage für die Datenauswertung:

$$C_{val} = C_{Betr} * \frac{273,15 + t}{273,15} * \frac{1013}{p} * \frac{100}{100 - f} * \frac{21 - O_{2\text{Bezug}}}{21 - O_2} - S_D$$



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Vorgaben der BMU-Richtlinien (2)

Die Vorgaben der BMU-Richtlinie, insbesondere die der Anhänge B, C, D und E beziehen sich in der Regel nur auf die Messung und Erfassung von Konzentrationen.

Für Bezugs- und Betriebsgrößen kann (und soll) eine sinngemäße Auswertung erfolgen.

Es gibt keine explizite Beschreibung spezieller Auswertevorgaben für Bezugs- und Betriebsgrößen.

Hier gilt:

- Es ist keine Normierungsrechnung erforderlich.
- Es liegt keine Angabe zur Validierungskenngröße S_D vor.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Vorgaben der BMU-Richtlinien (3)

Bezüglich Massenstromerfassung enthält die BMU-Richtlinie nur folgende Vorgabe:

„Zur Vorbereitung der Emissionserklärung i. S. d. 11. BImSchV (Emissionserklärungsverordnung – in der jeweils gültigen Fassung) oder anderer Berichtspflichten des Betreibers sollte die Aufzeichnung der ermittelten Tagesmittelwerte in Verbindung mit der täglichen Betriebszeit, bezogen auf den emissionsverursachenden Vorgang (Betriebsart), möglich sein. Die Ermittlung der jährlichen Gesamtemission unter Einbeziehung einer Abgasvolumenstrommessung sollte möglich sein.“



Leistung

Wie seit Jahren praktiziert können zur Beurteilung des ordnungsgemäßen Betriebs bezüglich der Leistung der Anlage äquivalente Messgrößen verwendet werden,
z.B.: Brennstoffmassenstrom, Dampfmenge, elektrische Leistung usw.

Zur Berechnung der Feuerungswärmeleistung gilt grundsätzlich folgender Zusammenhang:

$$\text{FWL} = \text{Dampfmenge} * \text{Wirkungsgrad}$$

oder

$$\text{FWL} = \text{Brennstoffmassenstrom} * \text{Heizwert (Hu)}$$



Ermittlung von Betriebsgrößen



Abgastemperatur

In der Regel war bisher über Genehmigungsbescheide oft eine Mindestabgastemperatur vorgegeben, die auch durch Messung (evtl. im Bereich der Abgaszuleitung zum Kamin) überwacht wurde.

Da die Messung der Abgastemperatur ohne großen Aufwand möglich ist, ist die eine Umsetzung der Vorgabe der 13. BImSchV wohl auch an allen Anlagen möglich, an denen bisher noch nicht die Abgastemperatur gemessen wurde.

Zu beachten ist jedoch, dass ggf. eine doppelte Bewertung der Messung vorzunehmen ist:

- als Bezugsgröße im Bereich der Probenahmestelle für Schadstoffe
- als Bewertungsgrundlage für evtl. vorgegebene Mindestabgastemperatur



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Abgasvolumenstrom (1)

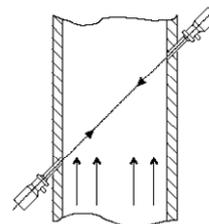
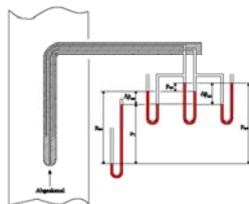
Mögliche messtechnische Erfassung:

Die für die Emissionsmessung daher in Frage kommenden Methoden zur Volumenstrombestimmung basieren auf Strömungsgeschwindigkeitsmessungen, die im Strömungsquerschnitt eines Abgaskanals vorgenommen werden.

- Staurohre (Prandtl-Rohr) und Staudrucksonden
- Ultraschall-Durchflussmessung



TÜV SÜD Industrie Service GmbH





Abgasvolumenstrom (2)

Insbesondere im Falle von nun erforderlichen Nachrüstmaßnahmen stellt sich die Frage:

Wie genau kann an einer bestehenden Anlage gemessen werden?

In der Regel ist eine ideale Messstrecke nicht vorhanden (siehe VDI 4200 bzw. DIN EN 15259). Oft gibt es ein deutliches Strömungsprofil über den Messquerschnitt.

Zur Kalibrierung kontinuierlicher Messsysteme werden manuelle Messungen nach Standard-Referenzverfahren (Prandtl-Rohr-Messung) durchgeführt. Die Verfahrensparameter der Prandtl-Rohr-Messung haben damit auch direkten Einfluss auf die Anzeigegenauigkeit von kalibrierten Betriebsmesseinrichtungen.

Grundsätzlich kann mit der manuellen Messung an idealen Messstrecken nach unseren Erfahrungen eine Genauigkeit bis $\pm 5\%$ erreicht werden. In der Praxis ergeben sich sehr häufig deutlich größere Unsicherheitsbereiche, i.d.R. bis $\pm 10\%$.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH



Abgasvolumenstrom (3)

„Oft lässt sich der Abgasvolumenstrom mit ausreichender Genauigkeit aus bekannten Anlageparametern, wie Brennstoffverbrauch oder Dampfleistung berechnen. Bei schwankenden Betriebsparametern der Anlage muss jedoch eine direkte Abgasvolumenstrombestimmung durchgeführt werden.“

(Zitat aus: Leitfaden zur Emissionsüberwachung, UBA)

Grundlage für ein anwendbares Rechenmodell ist die somit die Verbrennungsrechnung.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Abgasvolumenstrom (4)Verbrennungsrechnung:

Jeder Brennstoff benötigt für eine vollständige Verbrennung eine bestimmte Luftmenge, deren Höhe sich nach der stöchiometrischen Zusammensetzung des Brennstoffes richtet.

Der Luftbedarf V_{lmin} ist die Luftmenge, die zur Verbrennung gerade ausreicht, um als Verbrennungsprodukte nur Kohlendioxid und Wasserdampf zu liefern incl. des Stickstoffanteils der Luft.

Die ggf. entstehenden Schadstoffe wie CO, NO und SO₂ sind in diesem Zusammenhang vernachlässigbar.

In der Praxis ist es nicht möglich, mit dem theoretischem Luftbedarf eine vollkommene Verbrennung zu erreichen. Aus diesem Grund arbeitet man mit Luftüberschuss. Der Luftüberschuss ist das Verhältnis der tatsächlich zugeführten Luftmenge V_1 zu der theoretischen Luftmenge V_{lmin} .



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Abgasvolumenstrom (5)Verbrennungsrechnung:

Das entstehende Abgas V_{Amin} ist die Summe der beim Verbrennungsprozess entstehenden Verbrennungsprodukte einschließlich des Stickstoffes, der mit der Verbrennungsluft zugeführt wird und nicht verbrennt.

Man unterscheidet trockene und feuchte Abgase.

In den feuchten Abgasen ist der aus dem Brennstoff entstehende Wasserdampf und die Feuchte der Verbrennungsluft enthalten.

Berücksichtigt man den Luftüberschuss, so errechnet sich das tatsächliche Abgasvolumen, bezogen auf Normzustand trocken, wie folgt:

$$V_A' = [V_{Amin} + (\lambda - 1) * V_{lmin}]$$



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Abgasvolumenstrom (6)

Verbrennungsrechnung:

Somit können die Abgasvolumenströme V_A' für Einzelanlagen entsprechend den eingesetzten Brennstoffen wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned} \text{z.B. für Erdgas: } V_A' &= [V_{Amin,Erdgas} + (\lambda - 1) * V_{Imin,Erdgas}] * \text{Gasmenge} \\ \text{für Kohle: } V_A' &= [V_{Amin,Kohle} + (\lambda - 1) * V_{Imin,Kohle}] * \text{Kohlemenge} \end{aligned}$$

wobei V_A' = Abgasvolumenstrom in m³/h bezogen auf Normzustand trocken
 $\lambda = 21 / (21 - O_2 \text{ gemessen})$
 Kohlemenge = FWL / Hu in kg/h
 Gasmenge in m³/h

Brennstoffmengen und λ werden in der Regel bereits messtechnisch erfasst bzw. können direkt aus vorhandenen Messwerten abgeleitet werden. Aus Tabellen oder Formeln der einschlägigen Literatur mit Bezug auf aus Brennstoffanalysen bekannten Heizwerten der eingesetzten Brennstoffe (Daten z.B. aus Berichten zum CO₂-Emissionshandel) lassen sich die anderen Rechenfaktoren für die praktische Anwendung näher bestimmen.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Verkürzte Normierung

Für die Bestimmung von Schadstoffemissionen ist in vielen Fällen die Berücksichtigung der Abgastemperatur, des Drucks im Abgaskanal und der Abgasfeuchte als Bezugsgröße nicht erforderlich. Insbesondere für gasförmige Komponenten werden die Abgase vor der Messung entsprechend aufbereitet. Die Messsignale der Messeinrichtungen für diese Komponenten liegen somit i.d.R. bereits bezogen auf Normzustand trocken vor. Die Normierungsformel reduziert sich daher wie folgt:

$$C_{val} = C_{norm,trocken} * \frac{21 - O_{2,Bezug}}{21 - O_2} - S_D$$

Die Erfassung der Größen Temperatur, Druck und Feuchte hat in diesen Fällen für die Auswertung und Bewertung der Grenzwerteinhaltung keinerlei Bedeutung.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Feuchtegehalt (1)

Ausnahmemöglichkeit gemäß §15 (2) der 13.BImSchV:

„(2) Messeinrichtungen für den Feuchtegehalt sind nicht notwendig, soweit das Abgas vor der Ermittlung der Massenkonzentration der Emissionen getrocknet wird. Ergibt sich auf Grund der Bauart und Betriebsweise von Nass-Abgasentschwefelungsanlagen infolge des Sättigungszustandes des Abgases und der konstanten Abgastemperatur, dass der Feuchtegehalt im Abgas an der Messstelle einen konstanten Wert annimmt, soll die zuständige Behörde auf die kontinuierliche Messung des Feuchtegehaltes verzichten und die Verwendung des in Einzelmessungen ermittelten Wertes zulassen. In diesem Fall hat der Betreiber Nachweise über das Vorliegen der vorgenannten Voraussetzungen bei der Kalibrierung zu führen und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.“

Ausnahmemöglichkeit gemäß §11 (1) der 13.BImSchV:

„.... Messeinrichtungen für den Feuchtegehalt sind nicht notwendig, wenn das Abgas vor der Ermittlung der Massenkonzentration der Emissionen getrocknet wird.“



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Feuchtegehalt (2)

Ausnahmemöglichkeit gemäß DIN EN 14181 bzw. BMU-Richtlinien:

Das neue Auswerteverfahren der DIN EN 14181 ermöglicht in Ausnahmefällen auch die Berücksichtigung der Abgasfeuchte als Konstantwert, der unter Einbeziehung der Vorgaben aus der neuesten BMU-Richtlinie als Maximalwert (Worst-Case-Betrachtung) zu interpretieren ist.

Betroffene Schadstoffmesseinrichtungen müssen jedoch auch mit diesen „ungenaueren“ Vorgaben die Kriterien der Variabilitätsprüfung aus der DIN EN 14181 erfüllen.

Ist dies der Fall, dann sind auch die Genauigkeitsvorgaben eingehalten.

Wird bei Kalibrierungen oder Funktionsprüfungen die Variabilitätsprüfung nicht bestanden, ist zu prüfen, ob durch den Einsatz von Messgeräten zur Ermittlung der Abgasfeuchte oder durch Einsatz eines genaueren Messgerätes für die Staubkonzentration eine Verbesserung erreicht werden kann.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Druck

Für eine Druckmessung im Abgaskanal gelten aus fachtechnischer Sicht die gleichen Zusammenhänge wie bei der Abgasfeuchte.

Im gesamten Regelwerk findet sich jedoch kein Hinweis dazu.

Für viele Fälle ist bekannt, dass der Druck im Abgaskanal sich nicht wesentlich vom Luftdruck unterscheidet.

Bei der Normierungsrechnung wurde dort bislang der erwartete Mittelwert als Konstante berücksichtigt.

Der tatsächliche Luftdruck schwankt je nach meteorologischen Bedingungen um +/- 30 hPa. Daraus ergibt sich für den zu berücksichtigten Normierungsfaktor ein maximaler relativer Fehler von 3 %.

Somit haben die möglichen Druckschwankungen einen unbedeutenden Einfluss auf das Messergebnis von Schadstoffmessungen.

Eine sinngemäße Anwendung der vorgenannten Ausnahmeregelung erscheint daher auch für die Berücksichtigung des Druck als Bezugsgröße sinnvoll.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Vorgaben aus der TA Luft**Ziffer 5.3.3.3 Bezugsgrößen**

„Anlagen, bei denen die Massenkonzentrationen der Emissionen kontinuierlich zu überwachen sind, sollen mit Mess- und Auswerteeinrichtungen ausgerüstet werden, die die zur Auswertung und Beurteilung der kontinuierlichen Messungen erforderlichen Betriebsparameter, z.B. Abgastemperatur, Abgasvolumenstrom, Feuchtegehalt, Druck, Sauerstoffgehalt, jeweils einschließlich relevanter Statussignale, kontinuierlich ermitteln und registrieren.

Auf die kontinuierliche Messung der Betriebsparameter kann verzichtet werden, wenn die Parameter erfahrungsgemäß nur eine geringe Schwankungsbreite haben, für die Beurteilung der Emissionen unbedeutend sind oder mit ausreichender Sicherheit auf andere Weise ermittelt werden können.“



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Fazit

Die Ermittlung von Betriebsgrößen setzt nicht notwendigerweise eine direkte messtechnische Erfassung dieser Größen voraus.

Es gibt alternative Ermittlungsmethoden bzw. in begründeten Fällen auch Ausnahmemöglichkeiten ohne Abstriche an die Qualität der Bewertung machen zu müssen.

Die praktischen zusätzlichen Erkenntnisse aus einer messtechnischen Erfassung gegenüber rechnerischen oder den bislang üblichen Methoden (Berücksichtigung von Konstantwerten) sind bei den meisten Anlagen absolut vernachlässigbar!

Leider wurde es versäumt, die technischen Hintergründe für möglichen Ausnahmen und die dazu passenden Konsequenzen in den BMU-Richtlinien zu beschreiben.



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Ermittlung von Betriebsgrößen



Industrie Service

Ausblick

Mögliche Auswege aus der derzeitigen Situation:

- Revision der zugrunde liegenden Normen ?
- Überarbeitung und Ergänzung der BMU-Richtlinien ?
- Neuauflage des „Leitfaden zur Emissionsüberwachung“ ?
- Wissensvermittlung/-erweiterung durch Fachveranstaltungen !

Empfehlung für den konkreten Einzelfall:

Intensive Abstimmung zwischen Behörde, Gutachter, Betreiber und Messinstitut zur Umsetzung der neuen Vorgaben



TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Prüfung von Kalibrierberichten und Auswertekonzepte für die kontinuierliche Emissionswerterfassung

Angelika Schluckebier, Regierung von Oberbayern

Prüfung eines Kalibrierberichtes

- Grundlagen
- Aufbau des Kalibrierberichtes
- Prüfpunkte
- Maßnahmen



Grundlagen

Qualitätssicherung automatischer Messeinrichtungen

➤ EN 14 181

- QAL 2 Kalibrierung und Validierung
- AST jährliche Funktionsprüfung

➤ VDI 3950 E

- konkretisiert und ergänzt die EN 14181
- zusätzlich QS für elektronische Auswerteeinrichtungen (AWE)
- Musterbericht



Aufbau des Kalibrierberichtes

1. Aufgabenstellung
2. Beschreibung der Anlage und der Stoffe
3. Beschreibung AMS und elektronische Auswerteeinrichtung (AWE)
4. Probenahmestelle für die Vergleichsmessung
5. Messverfahren für die Vergleichsmessung
6. Funktionsprüfung der AMS
7. Ermittlung der Kalibrierfunktion und Validierung der AMS
8. Betriebszustand der Anlage während der Kalibrierung
9. Jährliche Funktionsprüfung der elektronischen Auswerteeinrichtung
10. Zusammenstellung der Ergebnisse
11. Anhang



Aufgabenstellung - Prüfpunkte

- a) Betreiber, genaue Anlagenbezeichnung
 >> *richtiger Bericht für die Anlage?*

- b) Zeitpunkt und Zeitraum der AST/Kalibrierung
 - ⇒ Datum: Funktionskontrolle AMS und AWE, Vergleichsmessung
 - >> *Bericht zeitnah vorgelegt?*
 - >> *Zeit zwischen Funktionskontrolle und Vergleichsmessung*

 - ⇒ Datum nächste AST, Kalibrierung
 - >> *richtig? Betreiber orientieren sich daran!*



Aufgabenstellung - Prüfpunkte

- c) Liste aller kontinuierlich zu messenden Schadstoffe sowie Bezugs- und Betriebsgrößen
 >> *vollständig ?*

- d) Liste aller zu kalibrierenden Messobjekte
 >> *vollständig ?*

- e) Abweichungen von EN 14181
 - >> *Waren diese abgestimmt?*
 - >> *Können sie akzeptiert werden?*



Beschreibung der Anlage und der Stoffe Prüfpunkte

- a) Beschreibung der Anlage
(Schwerpunkt emissionsrelevante Anlagenteile)
- b) Beschreibung Emissionsquelle (Standort/Ortslage)
- c) Beschreibung Einsatzstoffe
- d) Beschreibung Rauchgasreinigung

>> *Sind die Angaben ausreichend und richtig?*



Beschreibung der AMS und AWE - Prüfpunkte

- a) Beschreibung der Probenahme
>> *sachgerecht eingerichtet?*
- b) Beschreibung Probegasaufbereitung
>> *Erkenntnisquelle bei Messproblemen*
- c) Beschreibung Messeinrichtung
 - *Gerätenummer >> Messgerät ausgetauscht?*
 - *eingestellter Messbereich >> ca. 1,5 fache Halbstundengrenzwert*
 - *Messgerät eignungsgeprüft bzw. geeignet?*
 - *Messgerät ordnungsgemäß eingebaut und gewartet?*
- d) Beschreibung AWE



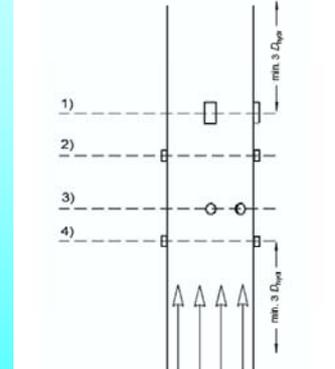
Vergleichsmessungen – Prüfpunkte Probenahmestelle und Messverfahren

Probenahmestelle für Vergleichsmessung

- >> lokale Zuordnung eindeutig?
- >> Lage zur Probenahmestelle für kont. Messungen?
- >> Lage der Vergleichsmessung repräsentativ?

Messverfahren

- >> Standardreferenzmessverfahren verwendet?
- >> Messverfahren beschrieben?
- >> ggf. Abgasrandbedingungen ermittelt?
- >> Querempfindlichkeiten berücksichtigt?



- 1) Referenzmessungen
- 2) Automatische Messung partikelförmiger Emissionen (z. B. In-situ-Messeinrichtung)
- 3) Automatische Messung gasförmiger Emissionen
- 4) Volumenstrommessung



Funktionsprüfung der AMS - Prüfpunkte

Messgerät mit extraktiver Beprobung

- Sichtkontrolle Gerätezustand
- Dichtigkeit
- Linearität mit 5 Referenzmaterialien
- Null- und Referenzpunktdrift
- Einstellzeit
- Prüfung Dokumentation und Kontrollbuch



Kriterien eingehalten, Wartung ordnungsgemäß?



Kalibrierfunktion und Validierung der AMS - Prüfpunkte

Messergebnisse zur Ermittlung der Kalibrierfunktion

- Abstand zwischen Beginn der Messungen ≥ 1 Stunde
- Messdauer ≥ 30 Minuten oder $\geq 4x$ Einstellzeit
- Anzahl Messungen ≥ 15
- Messungen gleichmäßig über 3 Tage verteilt
- Messtage im Zeitraum von max. 4 Wochen
- Relevante Bezugswerte angegeben (Druck, Feuchte etc.)
- Relevante Betriebszustände gesondert kalibriert



Kalibrierfunktion und Validierung AMS - Prüfpunkte

Darstellung der Kalibrierfunktion

- Rechenmethode angegeben
- Parameter der Kalibrierfunktion angegeben
- Gültiger Kalibrierbereich angegeben
- Variabilitätsprüfung durchgeführt und bestanden



Betriebszustand der Anlage während der Vergleichsmessung - Prüfpunkte

- Einsatzstoffe
- Betriebsweise (Anfahren, Öl- oder Gasbetrieb)
- Leistung, Prozessdaten
- Betriebsdaten Abgasreinigung
- Maßnahmen für ausreichende Abgaskonzentration

typischer Anlagenbetrieb?



Funktionsprüfung AWE - Prüfpunkte

Belegung der Analog- und Digitalsignale

- alle Emissionskomponenten; Bezugswerte
- Meldungen wie Wartung, Störung Messgeräte
- Statussignale Normalbetrieb; RRA Störung
- Zähler Anfahren, Abfahren, Bypass

Alles erfasst?



Funktionsprüfung AWE - Prüfpunkte

Angaben zur Parametrierung der AWE & Prüfung Parameterliste

- Regressionsparameter
- Grenzen des gültigen Kalibrierbereich
- Variabilität
- Grenzwerte und Messbereiche
- Plausibilitätsgrenzen, Integrationszeit
- Bezugswerte für Sauerstoff, Druck, Feuchte etc.
- Ersatzwerte

Angaben richtig und so in Parameterliste?



Funktionsprüfung AWE - Prüfpunkte

Ergänzende Aussagen zur Parametrierung

- Anlagenspezifische Rechenoperationen
 - Berechnung Feuerungswärmeleistung aus Volumenstrom
 - Berechnung Verbrennungstemperatur im PLS
- Konstanten (Feuchte, Druck)

Berücksichtige Betriebszustände

- Art der Betriebszustände
 - An- und Abfahren
 - Ausfall Rauchgasreinigung
- Statussignale für Betriebszustände
- Ggf. Signalfussplan

**vorhanden
und
plausibel?**



Funktionsprüfung AWE - Prüfpunkte

- a) Prüfung der Datenübertragung AMS zu AWE
- b) Prüfung der Datenübertragung AMS zu Registriereinrichtungen (z.B. Schreiber)
- c) Überprüfung der Statussignale
- d) Prüfung Druckerfunktion



Fehler festgestellt und behoben?



Zusammenstellung der Ergebnisse - Prüfpunkte

Zusammenfassung Ergebnis Kalibrierung in Tabellenform

Messobjekt	Parameter	alt	Messbereich alt	Parameter	neu	Messbereich neu	SD	Obere Grenze Gültigkeit Kalibrierung
Staub	a	-5,82	0-30	a	-5,68	0-30	1,03	18,53 mg/m ³
	b	1,58	mg/m ³	b	1,80	mg/m ³	mg/m ³	
				GW	10/30			
Kohlenmonoxid	a	-75	0-275	a	-50	0-150	0,86	88,02 mg/m ³
	b	17,5	mg/m ³	b	10	mg/m ³	mg/m ³	
				GW	50/100			
HCl	a	-22,5	0-30	a	-22,5	0-90	1,23	28,35 mg/m ³
	b	5,62	mg/m ³	b	5,62	mg/m ³	mg/m ³	
				GW	10/60			

Daten richtig und plausibel? Änderung der Parametrierung !!



Maßnahmen

1. Nachfragen bei Kalibrierstelle
 - ggf. Nachbesserung des Berichtes
2. Nachforderungen an Betreiber stellen mit Terminierung
 - Messgerätewartung verbessern und dokumentieren
 - **Aktuelle Parameter eingeben !!**
3. Überprüfung der Nachforderungen
 - geänderte Parameterliste prüfen
 - Wartungsvertrag für Messgeräte
 - Ortseinsicht



Auswertekonzept

Was ist das?

**Verständliche Beschreibung
wie die AWE auswerten soll**

Wozu?

**für alle jederzeit nachlesbar
Basis für Parametrierung**



Auswertekonzept

Grundlagen für die Auswertung:

- **Vorgaben der 17. BImSchV, 13. BImSchV oder TA Luft**
- **Auswerterichtlinie**
Richtlinien über die Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen in der jeweils gültigen Fassung (Normierung, Klassenbildung, Auswertung Störung etc,)
- **Anlagenspezifische Gegebenheiten**
Anfahrbetrieb, Störung der Rauchgasreinigung, Bypass, Brennstoffwechsel



Auswertekonzept

Was beschreibt das Auswertekonzept?

- **Auftretende Betriebszustände (Anfahrbetrieb, Regelbetrieb, Störung, Bypass)**
- **Welche Parameter bei den verschiedenen Betriebszuständen registriert und klassiert werden**
- **Statussignale, die die Betriebszustände starten und beenden (Sauerstoffgehalt, Beginn Brennstoffaufgabe, Störung RGR)**
- **Ggf. Einzelsignale, die das Statussignal bilden**



Auswertekonzept

Was beschreibt das Auswertekonzept?

- **Zeitähler für Verriegelungen, Bypass, Abschaltungen etc.**
- **Berechnung von Betriebsgrößen aus gemessenen Größen (z.B. Feuerungswärmeleistung über Gasverbrauch)**
- **Datensicherung der Rohdaten und normierten und klassierten Daten (Schreibstreifen, Ausdruck oder Speicherung auf externen PC)**



Auswertekonzept

Wer erstellt das Auswertekonzept?

- **Betreiber mit Anlagenplaner**
- **Anforderung im Genehmigungsbescheid/nachträgliche Vereinbarung**

Wie bleibt das Auswertekonzept aktuell?

- **AWE wird nach Auswertekonzept parametrierung, Bestätigung**
- **Dokumentation des abgestimmten Auswertekonzeptes im Prüfbericht des Emissionswertrechners der § 26 BImSchG-Messstelle**
- **Änderung des Auswertemodus mit der Behörde abstimmen und im nächsten Prüfbericht des Emissionswertrechners dokumentieren**



Auswertekonzept

Muster für Bescheidanforderungen:

Spätestens 4 Wochen vor Inbetriebnahme der Anlage ist der Genehmigungsbehörde ein Konzept über die detaillierte Art und Weise der Parametrierung des Messwertrechners zur Zustimmung vorzulegen.

Aus diesem Auswertekonzept muss insbesondere zu ersehen sein,

1. welche verschiedenen Betriebszustände der Messwertrechner registrieren wird,
2. wie die verschiedenen Betriebszustände (wie Regelbetrieb, Störung der Rauchgasreinigungsanlage, Aufheiz- und Warmhaltbetrieb etc.) dokumentiert werden,
3. durch welche Statussignale die Betriebszustände definiert werden.
4. Welche Zeitähler eingerichtet sind und wie sie die Zeiten für Verriegelungen oder Abschaltungen oder Bypassbetrieb jeweils separat registrieren
5. wie die Ermittlung, Berechnung, Registrierung sonstiger geforderter Betriebsgrößen erfolgt (z.B. anteiliger Sekundärbrennstoff, Anlagenleistung)
6. Wie die Datensicherung und -speicherung erfolgt

Im Prüfbericht des Messwertrechners ist das abgestimmte Auswertekonzept zu dokumentieren.

Soll vom festgelegten Auswertemodus abgewichen werden, ist dies vorab mit der Überwachungsbehörde abzustimmen und im nächsten Prüfbericht des Messwertrechners zu dokumentieren.



Tagungsleitung / Referenten

Dr. Bernd Matthes
 Vizepräsident des LfU
 Bayerisches Landesamt für Umwelt
 Hans-Högn-Straße 12
 95030 Hof

Tel.: (09281)18 00 – 45 00
 Fax: (09281)18 00 – 45 19
 E-Mail: bernd.matthes@lfu.bayern.de

Gerald Ebertsch
 Bayer. Landesamt für Umwelt
 86177 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 52 07
 Fax: (0821) 90 71 – 55 60
 E-Mail: gerald.ebertsch@lfu.bayern.de

Dr. Michael Rössert
 Bayer. Landesamt für Umwelt
 86177 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 52 00
 Fax: (0821) 90 71 – 55 60
 E-Mail: michael.roessert@lfu.bayern.de

Norbert Kraus
 TÜV Süd Industrie Service GmbH
 Edisonstr. 15
 90431 Nürnberg

Tel.: (0911) 65 57 – 2 72
 E-Mail: norbert.kraus@tuev-sued.de

Rüdiger Kroggel
 Müller-BBM GmbH
 Robert-Koch-Straße 11
 82152 Planegg

Tel.: (089) 8 56 02 – 3 70
 Fax: (089) 8 56 02 – 1 11
 E-Mail: ruediger.kroggel@MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. Christian Mainx
 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Na-
 turschutz (LUBW) Baden-Württemberg
 Postfach 10 01 63
 76231 Karlsruhe

Tel.: (0721) 56 00 – 31 19
 E-Mail: christian.mainx@lubw.bwl.de

Angelika Schluckebier
 Regierung von Oberbayern
 Maximilianstr. 39
 80538 München

Tel.: (089) 21 76 – 29 20
 E-Mail: angelika.schluckebier@reg-ob.bayern.de

Rainer Schmitzer
 Regierung von Mittelfranken
 Promenade 27
 91522 Ansbach

Tel.: (0981) 53 14 18
 E-Mail: rainer.schmitzer@reg-mfr.bayern.de

Dr. Michael Waeber
 TÜV Süd Industrie Service GmbH
 Westendstr. 199
 80686 München

Tel.: (089) 57 91 – 20 52
 E-Mail: michael.waeber@tuev-sued.de