

DIN EN 14181

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5
ICS 13.040.40

Einsprüche bis 2013-01-05
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14181:2004-09

Entwurf

Emissionen aus stationären Quellen – Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen; Deutsche Fassung prEN 14181:2012

Stationary source emissions –
Quality assurance of automated measuring systems;
German version prEN 14181:2012

Émission des sources fixes –
Assurance qualité des systèmes automatiques de mesure;
Version allemande prEN 14181:2012

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-11-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an krdl@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter
www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL,
40002 Düsseldorf, Postfach 10 11 39 (Hausanschrift: VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 84 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14181:2012) wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 9 „Quality assurance of automated measuring systems“ (Sekretariat: DIN, Deutschland; Obmannschaft: Vereinigtes Königreich) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die von der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL – benannt worden sind, erarbeitet.

Für die in den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen und den Europäischen Technical Report wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen und Dokumente hingewiesen:

CEN/TR 15983	siehe DIN SPEC 1178 (DIN-Fachbericht CEN/TR 15983)
ISO 3534-1	siehe DIN ISO 3534-1
ISO 11095	siehe DIN ISO 11095

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14181:2004-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 5.1:
Anforderung wurde ergänzt, dass bei Neueinbau einer AMS eine Zertifizierung dieser AMS nach EN 15267-1 bis -3 vorliegen muss.
- b) Abschnitt 5.1:
Beschreibung der Behandlung von AMS, die bereits an Anlagen installiert sind und keine Zertifizierung nach EN 15267-1 bis -3 besitzen, wurde ergänzt.
- c) Abschnitt 5.3:
Normative Verweisung auf EN 15259 wurde ergänzt.
- d) Abschnitt 6.2:
Empfehlung wurde ergänzt, die relevanten Schritte der Funktionskontrolle auch für die Messeinrichtungen der Bezugsgrößen durchzuführen.
- e) Abschnitt 6.3:
Neue Anforderungen an die Anzahl der Vergleichsmessungen und die Anzahl der Messtage wurden festgelegt für den Fall, dass es sich nicht um die Erstkalibrierung der AMS im Rahmen der QAL2 handelt und das Emissionsniveau seit der letzten Kalibrierung sehr niedrig war.
- f) Abschnitt 6.3:
Anforderungen an die Ermittlung des Wasserdampfgehalts wurde für den Fall ergänzt, dass Nassabscheider mit fast konstanten Wasserdampfgehalten im Abgas eingesetzt werden. Die Umrechnung auf trockenes oder feuchtes Abgas darf dann unter Verwendung der AMS-Wasserdampfmessungen durchgeführt werden.
- g) Abschnitt 6.4.1:
Anforderung wurde ergänzt, dass Ausreißer in Datensätzen zu ermitteln und anzugeben sind.
- h) Abschnitt 6.4.3:
Neues Verfahren zur Behandlung von Punktwolken bei niedrigen Werten wurde ergänzt.

- i) Abschnitt 6.5:
Minimalwert der oberen Grenze des gültigen Kalibrierbereichs wurde ergänzt.
- j) Abschnitt 6.5:
Behandlung von Überschreitungen des gültigen Kalibrierbereichs bei diskontinuierlichem Anlagenbetrieb oder Anlagenstörungen wurde ergänzt.
- k) Abschnitt 6.6:
Die Variabilitätsprüfung wurde an das neue Verfahren zur Behandlung von Punktwolken bei niedrigen Werten angepasst.
- l) Abschnitt 6.6:
Empfehlung wurde ergänzt, die AMS der Bezugsgrößen Sauerstoff und Wasserdampf zu kalibrieren.
- m) Abschnitt 7:
Die laufende Qualitätssicherung beim Betrieb (QAL3) wurde redaktionell überarbeitet und ergänzt. Die Auswahl und Verwendung von Regelkarten sowie die Nullpunkt- und Referenzpunktmessungen werden ausführlicher beschrieben.
- n) Abschnitt 8.5:
Die Tabelle mit den Werten von k_v und $t_{0,95}$ wurde in einen neuen Anhang J verschoben.
- o) Anhang A.1:
Die Funktionskontrollen im Rahmen der QAL2 und AST wurden angeglichen.
- p) Anhang C.1:
Beschreibung und Beispiel für Shewhart-Regelkarten wurden ergänzt.
- q) Anhang C.2:
Beschreibung und Beispiel für Regelkarten mit einem gleitenden und exponentiell gewichteten Mittelwert wurden ergänzt.
- r) Anhang E.3:
Beispiel für die Kalibrierung einer AMS im Falle einer Punktwolke bei niedrigen Werten wurde ergänzt.
- s) Anhang I (neu):
Implementierung der QAL1 wurde ergänzt.
- t) Anhang J (neu):
Tabelle mit den Werten von k_v und $t_{0,95}$ wurde ergänzt und von 8.5 in den Anhang J verschoben.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3534-1, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 1: Wahrscheinlichkeit und allgemeine statistische Begriffe*

DIN ISO 11095, *Lineare Kalibrierung unter Verwendung von Referenzmaterialien*

DIN SPEC 1178 (DIN-Fachbericht CEN/TR 15983), *Emissionen aus stationären Quellen — Leitlinien zur Anwendung der EN 14181:2004*

VDI 3950, *Emissionen aus stationären Quellen — Qualitätssicherung für automatische Mess- und elektronische Auswerteeinrichtungen*

Emissionen aus stationären Quellen — Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen

Émission des sources fixes — Assurance qualité des systèmes automatiques de mesure

Stationary source emissions — Quality assurance of automated measuring systems

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.4e - RC2

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	10
5 Grundlagen	12
6 Kalibrierung und Validierung der AMS (QAL2)	14
7 Laufende Qualitätssicherung beim Betrieb (QAL3)	25
8 Jährliche Funktionsprüfung (AST)	30
9 Dokumentation	33
Anhang A (normativ) Funktionskontrolle der AMS in der QAL2 und AST	34
Anhang B (normativ) Linearitätsprüfung	38
Anhang C (informativ) Regelkarten	40
Anhang D (informativ) Dokumentation	51
Anhang E (informativ) Beispiele für die Berechnung der Kalibrierfunktion und die Variabilitätsprüfung	53
Anhang F (informativ) Beispiel für die Berechnung der Standardabweichung s_{AMS} am Nullpunkt und Referenzpunkt	68
Anhang G (informativ) Beispiel für die Anwendung der Kalibrierfunktion und die Variabilitätsprüfung in der AST	71
Anhang H (informativ) CUSUM-Regelkarte für den Feldeinsatz (Drift)	75
Anhang I (informativ) Implementierung der QAL1	76
Anhang J (normativ) k_V - und $t_{0,95}$ -Werte	77
Anhang K (informativ) Signifikante technische Änderungen	78
Literaturhinweise	80

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14181:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 14181:2004 ersetzen.

Anhang K enthält Details der signifikanten technischen Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und der vorherigen Ausgabe.

Die erste Ausgabe dieses Dokuments wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, um Anforderungen der EU-Richtlinien 2000/76/EG [1] und 2001/80/EG [2], die durch die EU-Richtlinie 2010/75/EU [3] ersetzt wurden, zu unterstützen. Es ist auch für andere Zwecke anwendbar.

Das CEN/TC 264 hat mit Resolution 592 beschlossen, die in EN 14181:2004 festgelegten allgemeinen Verfahren durch bestimmte, auf die folgenden Punkte beschränkte Verfahren zu ergänzen:

- Einbau von AMS unter Berücksichtigung der EN 15259;
- Behandlung bereits eingebauter AMS;
- Aufstellung einer Kalibrierfunktion für niedrige Emissionsniveaus (Verfahren c);
- Anwendung des SRM in der QAL2 und der AST (Einfluss der Qualität der SRM-Messungen auf die Ergebnisse);
- Verwendung von Referenzmaterialien in der QAL2;
- Kalibrierung der AMS für die Bezugsgrößen;
- Behandlung von Ausreißern in der QAL2 und der AST;
- Verringerung der Anzahl der Messtage für die QAL2-Messungen in Fällen, wo gesichertes Vorwissen auf Basis einer vorherigen Kalibrierung im Rahmen der QAL2 und einer jährlichen Funktionsprüfung (AST) verfügbar ist, durch das gezeigt werden kann, dass die Schwankungen in den Emissionen begrenzt sind und dass kein Einfluss auf die statistische Signifikanz der Ergebnisse besteht;
- Verringerung der Anzahl der manuellen Wasserdampfmessungen in der QAL2 durch einen alternativen Ansatz (Worst-Case-Szenario);
- alternative Ansätze zur Ermittlung der Grenzen in den Regelkarten für die QAL3;
- Korrektur möglicher Fehler in den mathematischen Gleichungen in den Anhängen der EN 14181:2004;
- Verweis auf die Norm für elektronische Auswertesysteme.

Durch die Ergänzungen zur EN 14181:2004 sollen bestimmte Situationen abgedeckt werden, die in der EN 14181:2004 nicht oder nur unvollständig berücksichtigt sind, ohne die in EN 14181:2004 festgelegten Grundsätze zu ändern.

WICHTIG — In diesem Dokument ist der Originaltext der ersten Ausgabe der EN 14181 grau unterlegt wiedergegeben, um diesen Text von dem ergänzten Text zu unterscheiden.

Einleitung

Diese Europäische Norm beschreibt die notwendigen Verfahren der Qualitätssicherung, die sicherstellen, dass eine automatische Messeinrichtung (AMS) zur Messung von Emissionen in der Lage ist, festgelegte Anforderungen an die Unsicherheit von Messwerten einzuhalten. Entsprechende Anforderungen werden in Gesetzen, beispielsweise in EU-Richtlinien [1], [2], [3] oder in der nationalen Gesetzgebung und ganz allgemein durch die zuständigen Behörden festgelegt.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden drei verschiedene Qualitätssicherungsstufen (QAL1, QAL2 und QAL3) festgelegt. Diese Qualitätssicherungsstufen umfassen die Eignung einer automatischen Messeinrichtung für die Messaufgabe (beispielsweise vor oder während der Beschaffung der Messeinrichtung), die Validierung der automatischen Messeinrichtung nach dem Einbau und die Kontrolle während des Betriebs an der industriellen Anlage. Weiterhin wird eine jährliche Funktionsprüfung (AST) festgelegt.

Die Feststellung der Eignung (QAL1) der automatischen Messeinrichtung und des Messverfahrens wird in EN 15267-3 und EN ISO 14956 behandelt. Das dort beschriebene Verfahren beruht auf der Berechnung der Gesamtunsicherheit der Messwerte der automatischen Messeinrichtung. Diese Gesamtunsicherheit wird unter Berücksichtigung derjenigen Unsicherheitsbeiträge berechnet, die durch die einzelnen, zur Unsicherheit beitragenden Verfahrenskenngrößen der Messeinrichtung hervorgerufen werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Verfahren zur Einrichtung von Qualitätssicherungsstufen (QAL) für automatische Messeinrichtungen, die an industriellen Anlagen zur Ermittlung der Abgasbestandteile und weiterer Kenngrößen des Abgases installiert sind, fest.

Diese Europäische Norm legt fest:

- ein Verfahren (QAL2) zur Kalibrierung der automatischen Messeinrichtung und zur Ermittlung der Variabilität der damit ermittelten Messwerte, um so die Eignung der automatischen Messeinrichtung für ihre Anwendung nach dem Einbau nachzuweisen;
- ein Verfahren (QAL3) zur Aufrechterhaltung und Feststellung der geforderten Qualität der Messergebnisse während des normalen Betriebs der automatischen Messeinrichtung durch Überprüfung der Einhaltung der in QAL1 ermittelten Kenngrößen für den Nullpunkt und Referenzpunkt;
- ein Verfahren zur jährlichen Funktionsprüfung (AST) der automatischen Messeinrichtung zur Überprüfung, dass (i) die Messeinrichtung richtig arbeitet und ihre Leistung weiterhin ausreichend ist und (ii) ihre Kalibrierfunktion und Variabilität den zuvor ermittelten Kenngrößen entsprechen.

Diese Europäische Norm setzt voraus, dass die automatische Messeinrichtung zuvor nach den Europäischen Normen der Reihe EN 15267 zertifiziert wurde.

Diese Europäische Norm ist auf die Qualitätssicherung von automatischen Messeinrichtungen beschränkt und schließt die Qualitätssicherung des Datenerfassungs- und Datenaufzeichnungssystems der Anlage nicht ein.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 15259, *Luftbeschaffenheit — Messung von Emissionen aus stationären Quellen — Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht*

EN 15267-1, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 1: Grundlagen*

EN 15267-2, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 2: Erstmalige Beurteilung des Qualitätsmanagementsystems des Herstellers und Überwachung des Herstellungsprozesses nach der Zertifizierung*

EN 15267-3:2007, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 3: Mindestanforderungen und Prüfprozeduren für automatische Messeinrichtungen zur Überwachung von Emissionen aus stationären Quellen*

EN ISO 14956, *Luftbeschaffenheit — Beurteilung der Eignung von Messverfahren durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit (ISO 14956)*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Luftbeschaffenheitsmerkmal

quantifizierbare Eigenschaft einer zu untersuchenden Luftprobe, beispielsweise die Konzentration einer Luftkomponente

3.2

automatische Messeinrichtung

AMS

(en: automated measuring system)

Messeinrichtung, die ständig an der Anlage zwecks kontinuierlicher Überwachung von Emissionen installiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine automatische Messeinrichtung ist ein Verfahren, das auf ein Referenzverfahren rückführbar ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Neben dem Analysator gehören zu einer automatischen Messeinrichtung auch Einrichtungen zur Probenahme (z. B. Probenahmesonde, Probegasleitungen, Volumenstrommessgeräte, Regler, Förderpumpen) und zur Probenaufbereitung (z. B. Staubfilter, Trocknungseinrichtungen, Konverter, Verdünnungseinrichtungen). Diese Definition schließt auch Geräte zur Prüfung und Einstellung ein, die zur regelmäßigen Funktionsprüfung benötigt werden.

3.3

Kalibrierfunktion

linearer Zusammenhang zwischen den Werten des Standardreferenzmessverfahrens (SRM) und der automatischen Messeinrichtung (AMS) unter der Voraussetzung einer konstanten Reststandardabweichung

Anmerkung 1 zum Begriff: Für automatische Staubmesseinrichtungen kann eine in EN 13284-2 beschriebene quadratische Kalibrierfunktion verwendet werden.

3.4

zuständige Behörde

Organisation oder Organisationen, die die Anforderungen von EU-Richtlinien umsetzen und Anlagen beaufsichtigen, die die Anforderungen dieser Europäischen Norm einhalten müssen

3.5

Vertrauensbereich (zweiseitig)

sind T_1 und T_2 zwei Funktionen der Beobachtungswerte und θ der zu schätzende Parameter einer Gesamtheit, so dass die Wahrscheinlichkeit $P_r(T_1 \leq \theta \leq T_2)$ mindestens gleich $(1 - \alpha)$ ist [wobei $(1 - \alpha)$ eine festgelegte positive Zahl kleiner als 1 ist], dann ist das Intervall zwischen T_1 und T_2 ein zweiseitiger $(1 - \alpha)$ -Vertrauensbereich für θ

[QUELLE: ISO 3534-1:1993]

Anmerkung 1 zum Begriff: Der 95%-Vertrauensbereich ist in Bild 1 dargestellt. Dabei ist:

$T_1 = \theta - 1,96\sigma_0$ die untere 95%-Vertrauensgrenze;

$T_2 = \theta + 1,96\sigma_0$ die obere 95%-Vertrauensgrenze;

$I = T_2 - T_1 = 2 \times 1,96 \times \sigma_0$ die Länge des 95%-Vertrauensbereichs;

$\sigma_0 = I / (2 \times 1,96)$ die dem 95%-Vertrauensbereich zugeordnete Standardabweichung;

n die Anzahl der beobachteten Werte;

f die Häufigkeit;

m der Messwert.

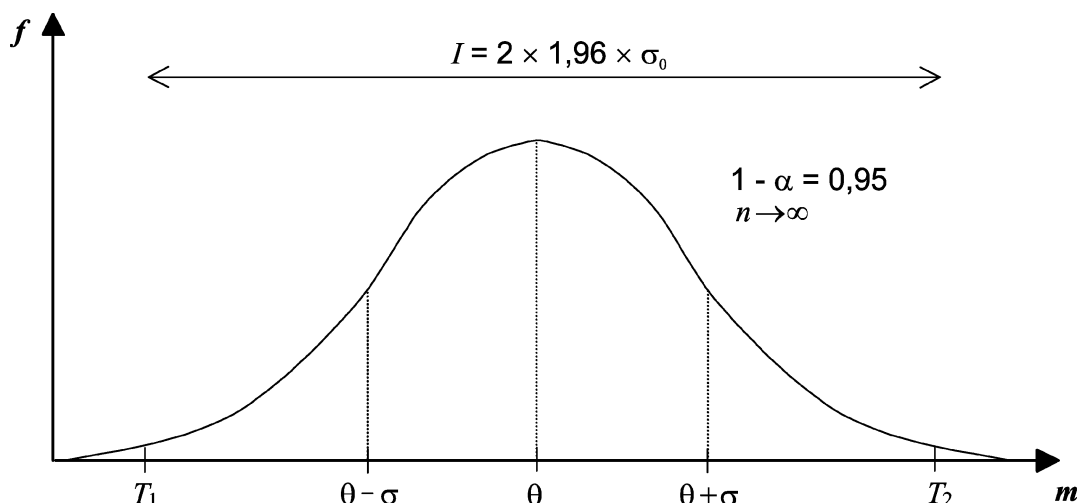


Bild 1 — Darstellung des 95%-Vertrauensbereichs einer Normalverteilung

In dieser Europäischen Norm wird die Standardabweichung σ_0 in QAL2 durch Vergleichsmessungen mit einem Standardreferenzmessverfahren geschätzt. Es wird vorausgesetzt, dass die als zulässige Unsicherheit bzw. Variabilität vorgegebene Anforderung an σ_0 durch den Verordnungsgeber (beispielsweise in einigen EU-Richtlinien) festgelegt wird. In dieser Norm wird vorausgesetzt, dass die geforderte Variabilität als σ_0 selbst oder als ein Viertel der Länge des 95%-Vertrauensbereichs angegeben wird.

3.6

CUSUM-Regelkarte

Berechnungsverfahren, bei dem die Größe der Drift und die Änderung der Präzision mit den entsprechenden Unsicherheitsbeiträgen verglichen werden, die in der QAL1 ermittelt wurden

3.7

Drift

monotone Änderung der Kalibrierfunktion in einem festgelegten Wartungsintervall, die zu einer Änderung des Messwerts führt

3.8

Emissionsgrenzwert

ELV

(en: emission limit value)

Grenzwert, auf den sich die Anforderung an die Unsicherheit bezieht

Anmerkung 1 zum Begriff: In den EU-Richtlinien [1], [2] und [3] ist die Anforderung an die Unsicherheit auf den Tagesgrenzwert bezogen.

3.9

extraktive AMS

automatische Messeinrichtung mit einer mittels Probenahmeeinrichtung vom Gasstrom physikalisch getrennten Nachweiseinheit

3.10

Instabilität

aus Drift und Streuung bestehende Änderung des Messsignals auf Grund von Änderungen der Kalibrierfunktion innerhalb des Wartungsintervalls für einen gegebenen Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals. Drift und Streuung kennzeichnen die zeitabhängige monotone und stochastische Änderung des Messsignals

Anmerkung 1 zum Begriff: Drift und Streuung beschreiben die gleichförmige und die zufällige zeitliche Änderung des Messsignals.

3.11

Geräteanzeige

Anzeige von Messwerten direkt an der automatischen Messeinrichtung ohne Verwendung der Kalibrierfunktion

3.12

Gesetzgebung

Richtlinien, Gesetze, Verordnungen und Vorschriften

3.13

Messgröße

spezielle Größe, die Gegenstand einer Messung ist

[QUELLE: ENV 13005:1999]

3.14

Messwert

vom Messsignal abgeleiteter Schätzwert des Luftbeschaffenheitsmerkmals; schließt gewöhnlich Berechnungen auf Grund der Kalibrierung und Umrechnungen in gesuchte Größen mit ein

3.15

nicht-extraktive AMS

automatische Messeinrichtung mit einer Nachweiseinheit im Gasstrom oder in einem Teil des Gasstroms

3.16

Wartungsintervall

maximal zulässige Zeitspanne, innerhalb derer die Einhaltung der angegebenen Werte der Verfahrenskenngrößen gewährleistet ist, ohne dass es dazu einer externen Wartung bedarf, beispielsweise Nachfüllung, Kalibrierung oder Justierung

3.17

AMS oder SRM zur Messung der Bezugsgrößen

Messeinrichtung oder Standardreferenzmessverfahren zur Ermittlung der Daten, die zur Umrechnung der Messwerte auf Normbedingungen benötigt werden, d. h. AMS oder SRM zur Messung von Wasserdampf, Temperatur, Druck und Sauerstoffgehalt

3.18

Präzision

Ausmaß der gegenseitigen Annäherung zwischen den Ergebnissen, die mit der AMS aus jeweils aufeinander folgenden Geräteanzeigen am Nullpunkt und am Referenzpunkt in festgelegten Zeitabständen ermittelt werden

3.19

Einstellzeit

t_{90}

Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt einer abrupten Änderung des Wertes der Eingangsgröße einer AMS und dem Zeitpunkt, ab dem der Wert der Ausgangsgröße zuverlässig oberhalb von 90 % des korrekten Wertes der Eingangsgröße bleibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einstellzeit wird auch als 90-%-Zeit bezeichnet.

3.20

Referenzpunktanzeige

Geräteanzeige der automatischen Messeinrichtung bei Simulation der Eingangsgröße bei einer bestimmten erhöhten Konzentration

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Simulation sollte möglichst alle Teile der Messeinrichtung, die signifikant zu ihrer Leistung beitragen, einschließen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Referenzpunktanzeige liegt bei etwa 80 % des Messbereichs.

3.21

Normbedingungen

in EU-Richtlinien angegebene Bedingungen, die zur Normierung von Messwerten zu verwenden sind, um so die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten zu überprüfen

3.22

Standardabweichung

positive Quadratwurzel aus der mittleren quadratischen Abweichung vom arithmetischen Mittelwert geteilt durch die Anzahl der Freiheitsgrade

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anzahl der Freiheitsgrade ist die Anzahl der Messungen minus Eins.

3.23

Standardreferenzmessverfahren

SRM

(en: standard reference method)

Verfahren, das zur Bestimmung eines Luftbeschaffenheitsmerkmals beschrieben und standardisiert wurde, und das kurzzeitig an der Anlage zu Überprüfungszwecken eingesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird auch als Referenzmessverfahren bezeichnet.

3.24

Messunsicherheit

dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte

[QUELLE: ENV 13005:1999]

3.25

Variabilität

Standardabweichung der Differenzen aus den Vergleichsmessungen zwischen dem Standardreferenzmessverfahren und der automatischen Messeinrichtung

3.26

Nullpunktanzeige

Geräteanzeige der automatischen Messeinrichtung bei Simulation der Eingangsgröße bei der Konzentration Null

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Simulation sollte möglichst alle Teile der Messeinrichtung, die signifikant zu ihrer Leistung beitragen, einschließen.

3.27

Referenzmaterial

Substanz oder Mischung von Substanzen mit einer in festgelegten Grenzen bekannten Konzentration oder ein Gerät mit bekannten Eigenschaften

3.28

EWMA-Karte

Berechnungsverfahren, in dem die Drift und die Änderung der Präzision als kombinierte Größe mit den entsprechenden in der QAL1 ermittelten Unsicherheitskomponenten verglichen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die EWMA-Karte mittelt die Daten in einer Weise, die Daten mit zunehmender Zeit immer weniger Gewicht gibt.

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

a	Achsenabschnitt der Kalibrierfunktion
$\hat{a}$	bester Schätzwert von a
b	Steigung der Kalibrierfunktion
$\hat{b}$	bester Schätzwert von b
D_i	Differenz zwischen den gemessenen SRM-Werten y_i und den Werten $\hat{y}_i$ der kalibrierten AMS
$\bar{D}$	Mittelwert von D_i
D_{adjust}	Betrag, um den die AMS bei Feststellung einer Drift korrigiert werden muss
d_t	Differenz zwischen der aktuellen Geräteanzeige der AMS und dem Referenzwert
d_{t-1}	Differenz zwischen dem vorherigen Messsignal der AMS und dem Referenzwert
E	Emissionsgrenzwert
h_s	Prüfwert zur Erkennung einer Abnahme der Präzision
h_x	Prüfwert zur Erkennung einer Drift
k_s	Konstante zur Berechnung der vorläufigen Summe für die Standardabweichung
k_v	Prüfwert für die Variabilität (auf einem χ^2 -Test basierend, mit einem β -Wert von 50 % und einer Anzahl N von Messwertepaaren)
k_x	Konstante zur Berechnung der vorläufigen Summe der positiven und negativen Differenzen und zur Berechnung der benötigten Korrektur der AMS
N	Anzahl der Wertepaare der Vergleichsmessungen
$N(s)$	Anzahl der Geräteanzeigen seit dem Auftreten einer von Null verschiedenen Standardabweichung
$N(\text{pos})$	Anzahl der Geräteanzeigen seit dem Erkennen einer positive Abweichung
$N(\text{neg})$	Anzahl der Geräteanzeigen seit dem Erkennen einer negativen Abweichung
P	Prozentwert
s_{AMS}	in QAL3 verwendete Standardabweichung der AMS
s_p	vorläufige normierte Summe der Standardabweichungen der AMS (QAL3)
s_t	vorläufige normierte Summe der Standardabweichungen der AMS zum Zeitpunkt t (QAL3)
s_{t-1}	vorläufige normierte Summe der Standardabweichungen der AMS zum Zeitpunkt $t-1$ (QAL3)
s_D	Standardabweichung der Differenzen D_i der Vergleichsmessungen
u_{inst}	Unsicherheit auf Grund von Instabilität (ausgedrückt als Standardabweichung)

u_{temp}	Unsicherheit auf Grund von Temperatureinflüssen (ausgedrückt als Standardabweichung)
u_{pres}	Unsicherheit auf Grund von Druckeinflüssen (ausgedrückt als Standardabweichung)
u_{volt}	Unsicherheit auf Grund von Einflüssen der elektrischen Spannung (ausgedrückt als Standardabweichung)
u_{others}	jede andere Unsicherheit, die die Geräteanzeige bei Aufgabe von Referenzmaterial am Nullpunkt und Referenzpunkt beeinflussen kann (ausgedrückt als Standardabweichung)
x_i	unter AMS-Messbedingungen ermitteltes i -tes Messsignal der AMS
$\bar{x}$	Mittelwert der Messsignale x_i der AMS
x_t	Bezugswert zum Zeitpunkt t (QAL3)
y_i	i -ter SRM-Wert
$\bar{y}$	Mittelwert der SRM-Werte y_i
$y_{i,s}$	SRM-Wert y_i unter Normbedingungen
$y_{s,\text{min}}$	kleinster SRM-Wert unter Normbedingungen
$y_{s,\text{max}}$	größter SRM-Wert unter Normbedingungen
$\hat{y}_i$	bester Schätzwert des „wahren Werts“, der mit Hilfe der Kalibrierfunktion aus dem Messsignal x_i der AMS berechnet wird
$\hat{y}_{i,s}$	bester Schätzwert des „wahren Werts“ unter Normbedingungen, der aus dem Messsignal x_i der AMS berechnet wird
$\hat{y}_{s,\text{max}}$	bester Schätzwert des „wahren Werts“ unter Normbedingungen, der aus dem Maximalwert der Messsignale x_i der AMS berechnet wird
y_t	aktuelle Geräteanzeige der AMS zum Zeitpunkt t (QAL3)
Z	Offset (Differenz zwischen der Nullpunktanzeige der AMS und Null)
α	Signifikanzniveau
ε_i	Abweichung zwischen y_i und dem Erwartungswert
σ_0	aus Anforderungen der Gesetzgebung abgeleitete Messunsicherheit
$\Sigma(\text{pos})_p$	vorläufige normierte Summe der positiven Drift der AMS
$\Sigma(\text{pos})_t$	normierte Summe der positiven Drift der AMS zum Zeitpunkt t
$\Sigma(\text{pos})_{t-1}$	vorherige normierte Summe der positiven Drift der AMS zum Zeitpunkt $t-1$
$\Sigma(\text{neg})_p$	vorläufige normierte Summe der negativen Drift der AMS
$\Sigma(\text{neg})_t$	normierte Summe der negativen Drift der AMS zum Zeitpunkt t
$\Sigma(\text{neg})_{t-1}$	vorherige normierte Summe der negativen Drift der AMS zum Zeitpunkt $t-1$

4.2 Abkürzungen

AMS	automatische Messeinrichtung
AST	jährliche Funktionsprüfung (en: annual surveillance test)
CUSUM	kumulative Summe
ELV	Emissionsgrenzwert
EWMA	gleitender und exponentiell gewichteter Mittelwert (en: exponentially weighted moving average)
QA	Qualitätssicherung
QAL	Qualitätssicherungsstufe (en: quality assurance level)
QAL1	erste Qualitätssicherungsstufe
QAL2	zweite Qualitätssicherungsstufe
QAL3	dritte Qualitätssicherungsstufe
QC	Qualitätskontrolle
SRM	Standardreferenzmessverfahren

5 Grundlagen

5.1 Allgemeines

Eine automatische Messeinrichtung (AMS), die an Anlagen eingesetzt werden soll, muss eine Prüfung hinsichtlich ihrer Eignung für die Messaufgabe (Messkomponente und Zusammensetzung des Abgases) in der ersten Qualitätssicherungsstufe (QAL1) nach den in EN 15267-1 bis -3 und EN ISO 14956 festgelegten Verfahren bestanden haben. Durch Anwendung dieser Norm soll nachgewiesen werden, dass die Gesamtunsicherheit der mit der AMS erzielten Ergebnisse die Anforderungen an die Unsicherheit einhält, die in den anzuwendenden Vorschriften festgelegt ist. In QAL1 wird die in der anzuwendenden Vorschrift geforderte Gesamtunsicherheit berechnet, indem alle relevanten Unsicherheitsbeiträge, die von den einzelnen Verfahrenskenngrößen hervorgerufen werden, in geeigneter Weise addiert werden.

Beim Neueinbau einer AMS muss die AMS über eine Zertifizierung nach EN 15267-1 bis -3 verfügen.

In Fällen, wo die bereits installierte AMS nicht nach EN 15267-1 bis -3 zertifiziert wurde, darf das in I.2 beschriebene Verfahren angewendet werden. Jedoch gilt I.2 nicht für den Neueinbau von AMS, die nicht nach EN 15267-1 bis -3 zertifiziert wurden.

ANMERKUNG 1 Messungen mit dem Standardreferenzmessverfahren (SRM), Einflüsse durch Bezugsgrößen und die Probenahmestelle können zur Unsicherheit der im Rahmen der QAL2 ermittelten Messwerte der AMS beitragen.

ANMERKUNG 2 EN 15267-3 fordert, dass die in der Eignungsprüfung ermittelte Gesamtunsicherheit der Messwerte der AMS mindestens 25 % unter der maximal zulässigen Unsicherheit liegen sollte, die beispielsweise in geltenden Vorschriften festgelegt ist, um eine ausreichende Toleranz für Unsicherheitsbeiträge durch den jeweiligen Einbau der AMS bereitzustellen und damit ein erfolgreiches Bestehen der Prüfungen in der QAL2 und QAL3 zu ermöglichen.

Die zweite Qualitätssicherungsstufe (QAL2) und die jährliche Funktionsprüfung (AST) betreffen die Prüflaboratorien. Die dritte Qualitätssicherungsstufe (QAL3) betrifft die Anlagenbetreiber.

Die zweite Qualitätssicherungsstufe umfasst die Ermittlung der Kalibrierfunktion und ihrer Variabilität sowie eine Überprüfung der Variabilität der Messwerte der AMS durch Vergleich mit in der Gesetzgebung festgelegten Messunsicherheiten. Die Prüfungen im Rahmen der QAL2 werden an geeigneten AMS durchgeführt, die zuvor richtig eingebaut und in Betrieb genommen wurden. Die Kalibrierfunktion wird aus den Ergebnissen einer Anzahl von Vergleichsmessungen mit einem Standardreferenzmessverfahren (SRM) gewonnen. Die Variabilität der mit der AMS ermittelten Messwerte wird dann mit der geforderten Unsicherheit verglichen.

Die Verfahren der zweiten Qualitätssicherungsstufe werden regelmäßig wiederholt und nach größeren Änderungen beim Anlagenbetrieb, nach Reparatur der AMS oder auf Grund von entsprechenden gesetzlichen Anforderungen durchgeführt.

Die dritte Qualitätssicherungsstufe umfasst die Überprüfung der Drift und Präzision. Damit wird festgestellt, ob die AMS während des Betriebs im Regelbereich arbeitet und somit die festgelegten Anforderungen an die Messunsicherheit einhält. Dies geschieht durch Auswertung der Ergebnisse von regelmäßigen Überprüfungen des Nullpunkts und Referenzpunkts der AMS mit Hilfe von Regelkarten, wobei die Überprüfung des Nullpunkts und Referenzpunkts auf denjenigen Verfahren basiert, die zur Ermittlung der Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt und Referenzpunkt in der QAL1 verwendet wurden. Abhängig vom Ergebnis der Ermittlungen kann eine Justierung des Nullpunkts und Referenzpunkts oder eine Wartung der AMS notwendig sein.

In der jährlichen Funktionsprüfung (AST) wird ermittelt, ob die Unsicherheit der mit der AMS ermittelten Messwerte – wie bei der letzten Überprüfung in der QAL2 – die Anforderung an die Messunsicherheit erfüllt. Weiterhin wird geprüft, ob die im Rahmen der zuletzt durchgeführten QAL2 ermittelte Kalibrierfunktion noch gültig ist. Die Gültigkeit der mit der AMS ermittelten Messwerte erfolgt mit Hilfe einer Reihe von Funktionskontrollen sowie einer begrenzten Anzahl von Vergleichsmessungen mit einem geeigneten Standardreferenzmessverfahren.

ANMERKUNG 3 Für die Anwendung dieser Norm sind mehrere Konzentrationsbereiche relevant:

– Zertifizierungsbereich

Dies ist der Bereich, für den die AMS zertifiziert wurde. Im Allgemeinen wird empfohlen, dass dieser Bereich auf den ELV bezogen wird, der in den relevanten EU-Richtlinien für die Prozesse angegeben ist, unter denen die AMS eingesetzt wird. Nach EN 15267-3 sollte der Zertifizierungsbereich für Müllverbrennungsanlagen nicht mehr als das 1,5fache des Tagesemissionsgrenzwerts und für Großfeuerungsanlagen nicht mehr als das 2,5fache des Tagesemissionsgrenzwerts betragen. Falls eine Wahlmöglichkeit besteht, sollte der Tagesemissionsgrenzwert verwendet werden.

– Kalibrierbereich

Dies der Bereich, für den die AMS in der QAL2 kalibriert wurde.

– Messbereich

Dies ist der beim Einsatz der AMS eingestellte Bereich. Es gibt gewöhnlich Anforderungen der nationalen zuständigen Behörden, dass dieser Bereich den maximalen Kurzzeitgrenzwert umfasst. Der Messbereich kann größer als der Zertifizierungsbereich sein.

5.2 Einschränkungen

Bild 2 zeigt die Komponenten der AMS, die durch diese Norm berücksichtigt werden.

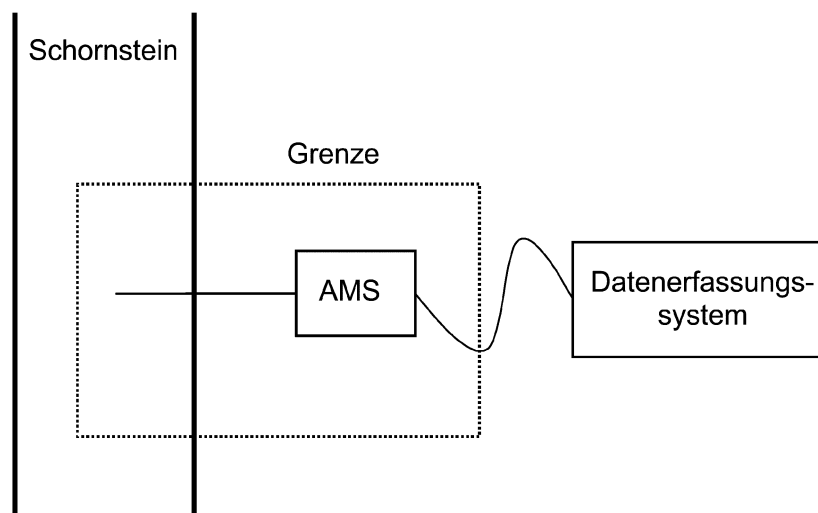


Bild 2 — Grenzen der Qualitätssicherung der AMS unter Ausschluss des Datenerfassungssystems

ANMERKUNG 1 Diese Norm schließt den durch das Datenerfassungs- und Datenaufzeichnungssystem der AMS oder der Anlage hervorgerufenen Einfluss auf die Unsicherheit der Messergebnisse nicht ein.

ANMERKUNG 2 Die Qualität des Datenerfassungs- und Datenaufzeichnungssystems kann ebenso großen Einfluss bei der Ermittlung der Qualität der im gesamten Messprozess ermittelten Ergebnisse haben wie die Qualität der AMS selbst. In verschiedenen Ländern gibt es unterschiedliche Anforderungen an Datenaufzeichnungssysteme und an die Darstellung der Daten.

Die Messsignale der AMS müssen bei den Vergleichsmessungen in der QAL2 und AST unter Verwendung eines unabhängigen Datenerfassungssystems direkt an der AMS (z. B. als Analog- oder Digitalsignal) gewonnen werden. Dieses unabhängige Datenerfassungssystem wird durch die Organisation, die die Prüfungen in der QAL2 und AST durchführt, bereitgestellt. Alle Daten müssen unkorrigiert (ohne Korrektur bezüglich z. B. Temperatur und Sauerstoffgehalt) aufgezeichnet werden. Für die Erfassung der Messsignale der AMS kann alternativ ein Datenerfassungssystem der Anlage verwendet werden, wenn dieses einer regelmäßigen Qualitätskontrolle unterliegt.

5.3 Messort und Einbau der Messeinrichtung

Die AMS ist nach den Anforderungen der entsprechenden Europäischen und/oder Internationalen Normen einzubauen. Es muss besonders auf leichte Zugänglichkeit der AMS für regelmäßige Wartungsarbeiten und andere notwendige Tätigkeiten geachtet werden.

Die AMS sollte möglichst so eingebaut werden, dass sie eine Probe misst, die repräsentativ für die Zusammensetzung des Abgas ist. Die Norm EN 15259 beschreibt ein Verfahren zur Festlegung des bestmöglichen Messpunkts für die AMS, um repräsentative Messungen zu ermöglichen. Sie legt auch den besten Ort zur Durchführung der Vergleichsmessungen mit dem SRM im Rahmen der QAL2 fest.

Alle Messungen müssen mit einer geeigneten AMS für die Messkomponente und mit geeigneten AMS für die Bezugsgrößen durchgeführt werden, wobei die Messeinrichtungen in einer geeigneten Arbeitsumgebung einzubauen sind.

Die Messbühne für den Zugang zur AMS und die Messbühne zur Durchführung der SRM-Messungen müssen die Anforderungen der EN 15259 erfüllen. Die Messöffnungen für die Messungen mit dem SRM sind so an einer Stelle einzurichten, dass gegenseitige Beeinflussungen von AMS und SRM vermieden werden, um vergleichbare Ergebnisse zwischen der AMS und dem SRM zu erhalten.

Für die regelmäßige Überprüfung und zur Minimierung des Zeitaufwands zur Implementierung der Qualitätssicherung nach dieser Norm ist es notwendig, dass die AMS gut zugänglich ist. Ein sauberer, gut belüfteter und gut beleuchteter Arbeitsraum an der AMS wird benötigt, damit das Personal die Arbeiten effektiv durchführen kann. Geeignete Schutzmaßnahmen für das Personal und die Geräte sind erforderlich, wenn die Messbühne dem Wetter ausgesetzt ist.

5.4 Prüflaboratorien zur Durchführung der SRM-Messungen

Die Prüflaboratorien, die die Messungen mit dem SRM durchführen, müssen ein akkreditiertes Qualitätssicherungssystem nach EN ISO/IEC 17025 oder eine direkte Zulassung durch die entsprechende zuständige Behörde besitzen. Weiterhin müssen sie ausreichende Erfahrung in der Durchführung von Messungen mit dem geeigneten SRM haben. Falls verfügbar, muss das in einer Europäischen Norm beschriebene SRM verwendet werden. Falls eine solche Norm nicht existiert, sind internationale oder nationale Normen anzuwenden, die die Bereitstellung der Daten mit einer entsprechenden wissenschaftlichen Qualität sicherstellen.

6 Kalibrierung und Validierung der AMS (QAL2)

6.1 Allgemeines

Die Prüfung muss die folgenden Schritte umfassen:

- Einbau der AMS;
- Kalibrierung der AMS mit Hilfe von Vergleichsmessungen mit einem SRM;
- Ermittlung der Variabilität der AMS und Überprüfung der Einhaltung der festgelegten Unsicherheit.

Der Ablauf der kombinierten Prüfungen ist in Bild 3 dargestellt.

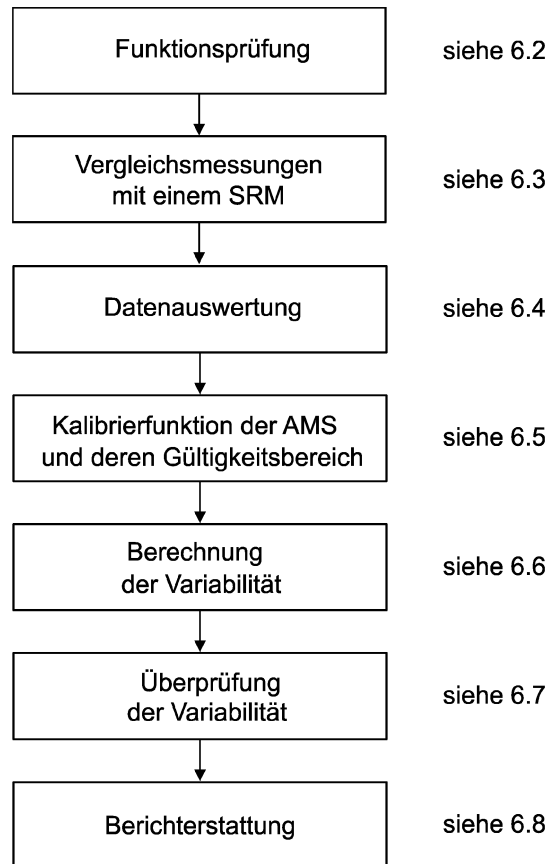


Bild 3 — Ablaufdiagramm der Kalibrierung und der Variabilitätsprüfung

Die zweite Qualitätssicherungsstufe (QAL2) ist für alle Messgrößen durchzuführen:

— spätestens nach fünf Jahren für jede AMS oder häufiger, wenn dies von der Gesetzgebung oder der zuständigen Behörde gefordert wird;

Weiterhin ist die QAL2 für alle Messgrößen durchzuführen, die betroffen sind durch:

— wesentliche Änderungen der Betriebsbedingungen der Anlage (z. B. Änderung der Abgasreinigungsanlage oder Wechsel des Brennstoffs), oder

— wesentliche Änderungen oder Reparaturen der AMS, welche die ermittelten Ergebnisse signifikant beeinflussen.

Über die Ergebnisse der QAL2 muss innerhalb von sechs Monaten nach den Änderungen ein entsprechender Bericht vorgelegt werden. Während der Zeitdauer bis zur Erstellung einer neuen Kalibrierfunktion ist die vorherige Kalibrierfunktion (falls notwendig mit Extrapolation) zu verwenden.

ANMERKUNG In einigen EU-Mitgliedsländern erlauben die lokalen Behörden in einzelnen Fällen die weitere Verwendung der vorherigen Kalibrierfunktion, falls durch Anwendung eines festgelegten statistischen Verfahrens nachgewiesen werden kann, dass sich die neue Kalibrierfunktion nicht signifikant von der vorherigen unterscheidet.

Beispiele zur Berechnung der Kalibrierfunktion und zur Durchführung der Variabilitätsprüfung werden in Anhang E beschrieben.

6.2 Funktionskontrolle

Die Anforderungen an den Einbau und an den Messort nach 5.3 müssen erfüllt sein.

Vor der Kalibrierung (siehe 6.4 und 6.5) und der Variabilitätsprüfung (siehe 6.6 und 6.7) muss überprüft werden, dass die AMS in der vorgeschriebenen Weise in Betrieb genommen wurde, z. B. nach den Angaben des Lieferanten oder Herstellers der AMS. Es muss weiterhin gezeigt und dokumentiert werden, dass die AMS bei Aufgabe einer Leerprobe ein Nullsignal liefert.

ANMERKUNG Bei einigen Messeinrichtungen ist es schwierig, ein Nullsignal zu erzeugen. In diesen Fällen kann die AMS aus dem Schornstein genommen und auf einer Werkbank oder ähnlichen Einrichtung auf null eingestellt werden. Als Alternative kann eine absorptionsfreie Messstrecke zur Überprüfung des Nullpunkts in den Schornstein eingebaut werden.

Die Funktionskontrolle vor der Kalibrierung ist nach Anhang A durchzuführen.

Die anzuwendenden Schutzmaßnahmen hängen vom jeweiligen Ort ab. Staubmessungen erfordern eine besondere Aufmerksamkeit.

Da die Messwerte der AMS und des SRM mit unabhängig ermittelten Datensätzen der Bezugsgrößen auf Norm- und Bezugsbedingungen umgerechnet werden, werden die Messunsicherheiten der Bezugsgrößen in der Variabilitätsprüfung der AMS des Luftschadstoffs zugeschlagen. Daher wird empfohlen, die relevanten Schritte der in Anhang A festgelegten Funktionskontrolle auch für Messeinrichtungen der Bezugsgrößen durchzuführen, um die durch die Bezugsgrößen verursachten Messunsicherheiten zu minimieren.

6.3 Vergleichsmessungen mit einem SRM

Zur Kalibrierung und Validierung der AMS mit einem unabhängigen Verfahren sind Vergleichsmessungen mit der AMS und einem SRM durchzuführen.

Der alleinige Einsatz von Referenzmaterialien zur Ermittlung der Kalibrierfunktion ist nicht ausreichend und daher nicht erlaubt. Dies liegt daran, dass Referenzmaterialien der Abgasmatrix nicht ausreichend entsprechen. Weiterhin können sie nicht verwendet werden, um die Repräsentativität des Messpunkts bzw. der Messpunkte der AMS sicherzustellen. Außerdem schließt die Verwendung von Referenzmaterialien nicht in allen Fällen die Probenahmeeinrichtung ein. Falls jedoch die in den Vergleichsmessungen mit der AMS und dem SRM ermittelten Ergebnisse nur geringe Änderungen aufweisen und die gemessenen Konzentrationen deutlich unterhalb des Emissionsgrenzwerts liegen, kann eine Extrapolation der Kalibrierfunktion bis zum Emissionsgrenzwert mit Hilfe geeigneter Referenzmaterialien überprüft werden, wenn der Einfluss von Störkomponenten auf die AMS ausreichend berücksichtigt wird.

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.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, in Voruntersuchungen zu ermitteln, ob eine vollständige Kalibrierung über den gesamten Konzentrationsbereich durchgeführt werden kann. Anderenfalls sollte die zuständige Behörde auf Grund ihrer Erfahrung beurteilen, ob die Aufstellung einer Kalibrierfunktion, die alle normalen Änderungen des Anlagenprozesses einschließt, sinnvoll ist.

Um sicherzustellen, dass die Kalibrierfunktion für die Betriebsbedingungen, unter denen die Anlage betrieben wird, anwendbar ist, müssen die Konzentrationen während der Kalibrierung innerhalb der normalen Betriebsbedingungen der Anlage so weit wie möglich variiert werden. Dies soll sicherstellen, dass die Kalibrierung der AMS in einem größtmöglichen Bereich gültig ist und die meisten Betriebsbedingungen abdeckt.

ANMERKUNG 1 Eine umsichtige Messplanung kann dazu beitragen, die bestmögliche Zeit für die Vergleichsmessungen zu bestimmen, wenn die Emission am größten sind oder am meisten schwanken.

Die Variabilitätsprüfung (siehe 6.7) ist für jede Kalibrierfunktion, d. h. für jeden Betriebsmodus, durchzuführen.

Zur Messung der Emissionen im Messquerschnitt des Abgaskanals ist ein Standardreferenzmessverfahren zu verwenden, wobei der Messquerschnitt die Anforderungen der EN 15259 erfüllen und so nah wie möglich an der AMS liegen muss.

Das Vorhandensein der SRM-Einrichtungen darf die AMS-Messungen nicht beeinflussen oder stören und umgekehrt.

ANMERKUNG 2 Obwohl EN 15259 eine vereinfachte Probenahme bei gasförmigen Messkomponenten in Fällen homogener Abgasprofile oder vernachlässigbarer Konzentrationsänderungen erlaubt, können Netzmessungen die Qualität der Kalibrierfunktion verbessern.

Für jede Kalibrierung sind mindestens 15 gültige Vergleichsmessungen unter normalen Betriebsbedingungen der Anlage durchzuführen. Diese Messungen müssen gleichmäßig über mindestens drei Tage und gleichmäßig über jeden Messtag, der normalerweise acht bis zehn Stunden umfasst, verteilt sein (z. B. nicht fünf Messungen am Vormittag und keine am Nachmittag). Die Vergleichsmessungen sind innerhalb von 4 Wochen durchzuführen.

ANMERKUNG 3 Die geforderte Verteilung der 15 Messungen über die drei Tage trägt wesentlich zur Verringerung der gegenseitigen Beeinflussung aufeinander folgender Messergebnisse bei (d. h., die Autokorrelation zwischen den berechneten Differenzen der Ergebnisse der AMS- und SRM-Messung wird vermieden). Die alternative Durchführung von mehr Messungen in einem kürzeren Zeitintervall kann zur Aufstellung einer ungültigen Kalibrierfunktion führen.

ANMERKUNG 4 Die Anzahl von mindestens 15 gültigen Messungen kann in der Praxis zur Folge haben, dass mehr als 15 Proben genommen werden müssen, da einige auf Grund einer unzureichenden Qualität als ungültig erachtet werden können.

ANMERKUNG 5 Die Anforderung, dass Messungen gleichmäßig über mindestens drei Tage verteilt werden müssen, bedeutet nicht, dass die Messungen an drei aufeinander folgenden Tagen durchzuführen sind.

Falls es sich nicht um die Erstkalibrierung der AMS im Rahmen der QAL2 handelt, dürfen weniger als 15 Vergleichsmessungen durchgeführt werden, falls der Anlagenbetreiber nachweisen kann, dass das Emissionsniveau seit der letzten Kalibrierung sehr niedrig ist. Die Anzahl der Vergleichsmessungen darf auf bis zu fünf Vergleichsmessungen reduziert werden, wobei die Messungen dann an einem Tag durchgeführt werden dürfen, falls alle Messwerte des SRM und mindesten 95 % der seit der letzten QAL2 oder AST ermittelten Messwerte der AMS unter Normbedingungen kleiner sind als der in den relevanten EU-Richtlinien für den Tagesemissionsgrenzwert festgelegte Vertrauensbereich.

ANMERKUNG 6 Eine minimale Anzahl von fünf Messungen kann in der Praxis mehr als fünf Probenahmen erfordern, da einige Proben in der nachfolgenden Analyse wegen unzureichender Qualität als unbrauchbar erachtet werden können.

Ein Datensatz ist gültig, wenn alle nachfolgend aufgeführten Anforderungen erfüllt sind:

— die SRM-Messungen werden nach der entsprechenden Norm durchgeführt;

— die Zeitspanne jedes Messsignals der AMS ist größer als 90 % der Mittelungszeit (unter Ausschluss aller Messsignale oberhalb von 100 % oder unterhalb von 0 % des Messbereichs der AMS sowie von Messsignalen, die während interner Überprüfungen, z. B. Prüfgasaufgabe, und während jeglicher Art von Fehlfunktion der AMS gewonnen wurden).

Bei der Durchführung der Vergleichsmessungen mit der AMS und dem SRM besteht jedes Ergebnis aus einem Messwertepaar (jeweils ein AMS-Messsignal und ein SRM-Messwert), wobei jeder Wert dieselbe Zeitspanne überdecken muss.

Die Probenahmedauer für jede einzelne Vergleichsmessung muss mindestens 30 min oder mindestens das Vierfache der Einstellzeit der AMS einschließlich Probenahmeeinrichtung betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist. Als Einstellzeit ist der Wert zu verwenden, der im Rahmen der Untersuchungen in der QAL1 ermittelt wurde. Im Allgemeinen wird empfohlen, die Kalibrierung auf Basis der kürzesten dem Emissionsgrenzwert zugeordneten Mittelungszeit durchzuführen. Das Datenaufzeichnungssystem muss eine Mittelungszeit haben, die deutlich kürzer als die Einstellzeit der AMS ist.

ANMERKUNG 7 Falls das Emissionsniveau sehr niedrig ist, können die SRM-Ergebnisse durch Verlängerung der Probenahmedauer verbessert werden.

Der zeitliche Abstand zwischen dem Beginn der einzelnen Probenahmen muss mindestens 1 h betragen.

Die mit dem SRM ermittelten Ergebnisse müssen auf die Bedingungen bezogen werden, unter denen die AMS-Messungen durchgeführt werden (z. B. die Bedingungen für Druck und Temperatur). Zur Aufstellung der Kalibrierfunktion und zur Durchführung der Variabilitätsprüfung sind alle zusätzlichen Parameter und Werte, die zur Umrechnung auf die Messbedingungen der AMS und zur Umrechnung auf Normbedingungen benötigt werden, für jedes Messwertepaar zu ermitteln.

BEISPIEL Falls die AMS gasförmiges HCl in der Einheit mg/m^3 im feuchten Abgas misst, wird das SRM-Ergebnis in derselben Einheit angegeben (mg/m^3 bezogen auf feuchtes Abgas mit demselben Wasserdampfanteil).

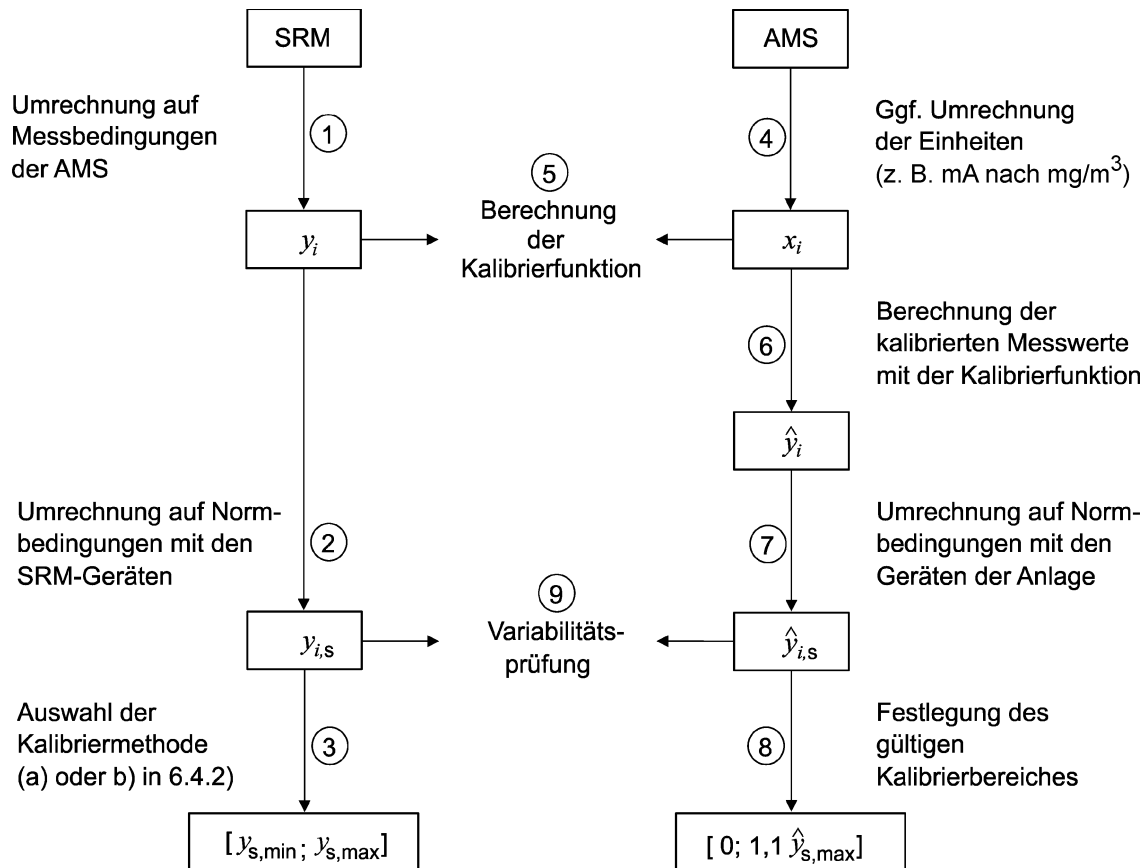
Um die Anforderung zu erfüllen, dass die Kalibrierung der AMS für einen größtmöglichen Bereich gültig ist und die meisten betrieblichen Zustände abdeckt, sind im Allgemeinen Vergleichsmessungen über drei Tage erforderlich. Dies erfordert jedoch viele manuelle SRM-Messungen des Wasserdampfgehalts. Wenn Nassabscheider verwendet werden, ist der Wasserdampfgehalt häufig fast konstant. Umfangreiche Messungen des Wasserdampfgehalts sind dann wenig nützlich. In solchen Situationen darf die jeweils geforderte Umrechnung auf trockenes oder feuchtes Abgas unter Verwendung der AMS-Wasserdampfmessungen durchgeführt werden. Die AMS für die Messung des Wasserdampfgehalts kann einer Funktionskontrolle und ihre Kalibrierfunktion einer Überprüfung unterzogen werden.

ANMERKUNG 8 Es ist zu erwarten, dass die zuständige Behörde einen Nachweis über die Kalibrierung der AMS für den Wasserdampfgehalt verlangen wird. In einigen Fällen könnte der berechnete Wasserdampfgehalt von der zuständigen Behörde akzeptiert werden, falls gezeigt wird, dass die Anforderungen der relevanten EU-Richtlinien eingehalten werden.

6.4 Datenauswertung

6.4.1 Aufbereitung der Daten

Die einzelnen Schritte zur Bereitstellung der Daten, die zur Aufstellung der Kalibrierfunktion und zur Durchführung der Variabilitätsprüfung benötigt werden, sind in Bild 4 dargestellt.



Die Zahlen in den Kreisen beschreiben die Reihenfolge der einzelnen Schritte.

Bild 4 — Ablaufdiagramm zur Darstellung der einzelnen Schritte der Kalibrierung und der Variabilitätsprüfung

Die AMS muss unter den Abgasbedingungen kalibriert werden, unter denen die AMS-Messungen durchgeführt werden. Falls notwendig, müssen dazu die SRM-Werte auf die Messbedingungen der AMS umgerechnet werden. Dies liefert die SRM-Messwerte y_i in Einheiten der Massenkonzentration (z. B. in mg/m³).

Das Messsignal x_i der AMS kann ein Signal in einer elektrischen Einheit (z. B. in mA oder Volt) oder in einer Einheit der Massenkonzentration (z. B. in mg/m³) sein.

ANMERKUNG Für nicht-extraktive AMS, die das Abgas direkt messen, sollte die Kalibrierfunktion für Betriebsbedingungen angegeben werden. Für extraktive AMS, die unter festgelegten Bedingungen messen, wird die Kalibrierfunktion für diese Bedingungen angegeben.

Die aus den Vergleichsmessungen erhaltenen Datensätze müssen auf mögliche Ausreißer überprüft werden. Das Verfahren zur Untersuchung auf Ausreißer und die Gründe für den Ausschluss von Ausreißern müssen im Bericht über die QAL2 angegeben werden. Ausreißer sind anzugeben und in der grafischen Darstellung der Kalibrierfunktion zu kennzeichnen.

Diese Norm verlangt mindestens 15 gültige Datenpunkte für die Aufstellung der Kalibrierfunktion im Rahmen der QAL2. Falls Punkte durch einen Ausreißertest ausgeschlossen werden, kann diese Anforderung verfehlt werden. Daher wird empfohlen, 17 Datenpunkte zu ermitteln, um den Ausschluss von bis zu zwei Ausreißern zuzulassen. Ein Abweichen davon kann dazu führen, dass die QAL2 ungültig ist. Falls 17 Datenpunkte ermittelt werden, sind alle diese Punkte zur Aufstellung der Kalibrierfunktion zu verwenden, außer wenn Punkte durch einen Ausreißertest ausgeschlossen werden.

6.4.2 Auswahl der von automatischen SRM ermittelten Datenpunkte

Falls die Datensätze durch ein automatisches SRM erzeugt werden, das eine große Anzahl von Datenpunkten erzeugen kann, ist die Auswahl von Punkten zu begründen und zu dokumentieren.

6.4.3 Aufstellung der Kalibrierfunktion

In dieser Norm wird grundsätzlich vorausgesetzt, dass die Kalibrierfunktion geradlinig ist und eine konstante Reststandardabweichung aufweist. Die Kalibrierfunktion muss durch den folgenden Modellansatz beschrieben werden (siehe ISO 11095):

$$y_i = a + b x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Dabei ist

- x_i das i -te Messsignal der AMS mit $i = 1$ bis N und $N \geq 15$;
- y_i das i -te Messergebnis des SRM mit $i = 1$ bis N und $N \geq 15$;
- ε_i die Abweichung zwischen y_i und dem Erwartungswert;
- a der Achsenabschnitt der Kalibrierfunktion;
- b die Steigung der Kalibrierfunktion.

Dieses allgemeine Verfahren setzt einen ausreichend großen Bereich von gemessenen Konzentrationswerten voraus, damit die Kalibrierfunktion für den gesamten Konzentrationsbereich, der unter normalen Betriebsbedingungen auftreten kann, gültig ist. Nach 6.3 ist es wesentlich, dass der Konzentrationsbereich innerhalb der normalen Betriebsbedingungen der Anlage so groß wie möglich ist, um eine gültige Kalibrierfunktion zu erhalten. Jedoch kann es bei einer großen Anzahl von Anlagen schwierig sein, innerhalb der normalen Betriebsbedingungen einen ausreichend großen Konzentrationsbereich einzustellen. Für diese Fälle, in denen der Konzentrationsbereich (gemessen mit dem SRM) kleiner als 15 % des Emissionsgrenzwerts ist, werden nachfolgend andere (ähnliche) Verfahren für Punktwolken bei hohen Werten (Verfahren b) und Punktwolken bei niedrigen Werten (Verfahren c) beschrieben.

ANMERKUNG 1 Falls der Konzentrationsbereich geringfügig größer als 15 % des Emissionsgrenzwerts ist, und falls die Anwendung des Verfahrens a) zu einer ungeeigneten Kalibrierfunktion führt (z. B. eine Kalibrierfunktion mit negativer Steigung), können stattdessen das Verfahren b) oder das Verfahren c) verwendet werden.

Es sind die folgenden Größen zu berechnen:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (3)$$

Die Differenz ($y_{s,max} - y_{s,min}$) zwischen der größten und kleinsten gemessenen SRM-Konzentration unter Normbedingungen ist zu berechnen.

- a) Falls die Differenz ($y_{s,max} - y_{s,min}$) größer oder gleich 15 % des Emissionsgrenzwerts ist, sind die Parameter der Kalibrierfunktion nach Gleichung (4) und Gleichung (5) zu berechnen:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{b} \bar{x} \quad (5)$$

- b) Falls die Differenz ($y_{s,max} - y_{s,min}$) kleiner als 15 % des Emissionsgrenzwerts und $y_{s,min}$ größer oder gleich 15 % des Emissionsgrenzwerts sind, sind die Parameter der Kalibrierfunktion nach Gleichung (6) und Gleichung (7) zu berechnen:

$$\hat{b} = \frac{\bar{y}}{\bar{x} - Z} \quad (6)$$

$$\hat{a} = -\hat{b} Z \quad (7)$$

Dabei ist der Offset Z die Differenz zwischen der Nullpunktanzeige der AMS und Null.

ANMERKUNG 2 Für viele automatische Messeinrichtungen beträgt der Offset 4 mA.

Für die Berechnung nach dem Verfahren b) ist es wichtig, dass vor den Vergleichsmessungen überprüft wird, dass die AMS bei Aufgabe einer Leerprobe (wie in 6.2 festgelegt) eine Geräteanzeige an oder unterhalb der Nachweisgrenze (wie in QAL1 gezeigt) liefert.

- c) Falls die Differenz ($y_{s,max} - y_{s,min}$) kleiner als 15 % des Emissionsgrenzwerts und $y_{s,min}$ kleiner als 15 % des Emissionsgrenzwerts sind, sind die Parameter der Kalibrierfunktion wie folgt zu berechnen:

Falls geeignete Referenzmaterialien für den Nullpunkt und einen Punkt in der Nähe des Emissionsgrenzwerts verfügbar sind, sind diese zu verwenden, um mindestens jeweils fünf Datenpaare (AMS-Messsignal und Referenzwert) am Nullpunkt und in der Nähe des Emissionsgrenzwerts zu ermitteln. Diese Datenpaare sind für die mittleren Bedingungen anzugeben, unter denen die AMS-Messungen bei den Vergleichsmessungen mit dem SRM durchgeführt werden. Aus den Ergebnissen der Vergleichsmessungen und den unter Verwendung der Referenzmaterialien gewonnenen Datenpaaren ist ein kombinierter Datensatz zu erstellen. Der kombinierte Datensatz ist zur Berechnung der Größen nach Gleichung (2) und Gleichung (3) sowie zur Berechnung der Parameter der Kalibrierfunktion nach Gleichung (4) und Gleichung (5) zu verwenden.

ANMERKUNG 2 Geeignete Datenpaare aus der Funktionskontrolle können verwendet werden.

Falls keine geeigneten Referenzmaterialien für den Nullpunkt und einen Punkt in der Nähe des Emissionsgrenzwerts verfügbar sind, können mit Zustimmung der zuständigen Behörde alternative Verfahren, wie sie in CEN/TR 15983 beschrieben werden, zur Aufstellung der Kalibrierfunktion verwendet werden. Das verwendete Verfahren ist zwischen Anlagenbetreiber und zuständiger Behörde abzustimmen und vollständig im Bericht über die QAL2 zu dokumentieren.

Zur Veranschaulichung der Kalibrierfunktion und des gültigen Kalibrierbereichs müssen die Ergebnisse grafisch dargestellt werden (x-y-Plot).

6.5 Kalibrierfunktion der AMS und deren Gültigkeit

Die Kalibrierfunktion wird durch Gleichung (8) beschrieben:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b} x_i \quad (8)$$

Dabei ist

$\hat{y}_i$ der kalibrierte Messwert der AMS;

x_i das Messsignal der AMS.

Jedes Messsignal x_i der AMS ist mit Hilfe der Kalibrierfunktion in einen kalibrierten Wert $\hat{y}_i$ umzurechnen.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, die Kalibrierfunktion in das Datenerfassungssystem der Anlage aufzunehmen.

ANMERKUNG 2 Der Wert $\hat{y}_i$ ist das kalibrierte Messergebnis der AMS. Nach bestimmten EU-Richtlinien (siehe [1], [2], [3]) ist vor dem Vergleich mit dem Emissionsgrenzwert die geforderte Messunsicherheit von diesem Ergebnis abzuziehen. Dieses Verfahren ist nicht Bestandteil dieser Norm. Das kalibrierte Ergebnis $\hat{y}_i$ der AMS beinhaltet nicht die Subtraktion der geforderten Messunsicherheit.

Die Kalibrierfunktion ist nur gültig, wenn die Anlage innerhalb des gültigen Kalibrierbereichs betrieben wird. Dieser gültige Kalibrierbereich ist der Bereich zwischen 0 und entweder dem in QAL2 ermittelten Maximalwert $\hat{y}_{s,max}$ der kalibrierten Messwerte der AMS zuzüglich einer Erweiterung um 10 % des Maximalwerts $\hat{y}_{s,max}$ oder 15 % des Emissionsgrenzwerts, je nachdem, welcher Wert größer ist. Daher sind nur Werte innerhalb des gültigen Kalibrierbereichs gültige Messwerte.

Bei Messungen außerhalb des gültigen Kalibrierbereichs muss die Kalibrierfunktion extrapoliert werden, damit die Konzentrationswerte, die den gültigen Kalibrierbereich überschreiten, ermittelt werden können.

Falls ein größeres Vertrauen in die Leistungsfähigkeit der AMS am Emissionsgrenzwert für den Fall gefordert wird, dass die Anlage oberhalb des oben bestimmten Kalibrierbereichs emittiert, muss Referenzmaterial, falls verfügbar, bei null und bei einer Konzentration in der Nähe des Emissionsgrenzwerts als Teil der Kalibrierung verwendet werden, um so die Berechtigung der geradlinigen Extrapolation zu bestätigen. In diesem Fall ist die Abweichung zwischen dem kalibrierten Messwert der AMS bei null und am Emissionsgrenzwert und den entsprechenden SRM-Werten zu berechnen. Die Abweichung am Emissionsgrenzwert sollte kleiner als die in der Gesetzgebung festgelegte Messunsicherheit sein. Die Abweichung bei null sollte kleiner als 10 % des Emissionsgrenzwerts sein. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, müssen weitere Untersuchungen zur Ermittlung der Gründe durchgeführt werden.

Die Einhaltung des gültigen Kalibrierbereichs ist durch den Anlagenbetreiber wöchentlich zu überprüfen (Montag bis Sonntag). Eine vollständig neue Kalibrierung (QAL2) ist innerhalb von sechs Monaten durchzuführen, mitzuteilen und umzusetzen, falls eines der folgenden Ereignisse eintritt:

- mehr als 5 % der Messwerte der AMS, die für die so festgelegte Woche berechnet werden (auf der Basis normierter kalibrierter Werte), liegen zwischen zwei jährlichen Funktionsprüfungen (AST) für mehr als fünf Wochen außerhalb des gültigen Kalibrierbereichs;
- mehr als 40 % der Messwerte der AMS, die für die so festgelegte Woche berechnet werden (auf der Basis normierter kalibrierter Werte), liegen für eine oder mehrere Wochen außerhalb des gültigen Kalibrierbereichs

Falls die Anlage nicht kontinuierlich betrieben wird, dürfen die Prozentwerte auf Basis der letzten 168 Betriebsstunden, die eine Woche Anlagenbetrieb repräsentieren, berechnet werden.

Falls Überschreitungen des gültigen Kalibrierbereichs durch Anlagenstörungen verursacht werden, ist eine vollständig neue Kalibrierung (QAL2) nach Beseitigung der Anlagenstörung nicht notwendig.

Falls der beste Schätzwert $\hat{y}_{i,s}$ für den wahren Wert zwar außerhalb des gültigen Kalibrierbereichs, aber unterhalb von 50 % des Emissionsgrenzwerts liegt, kann die zuständige Behörde der Anlage die Durchführung einer jährlichen Funktionsprüfung anstelle der QAL2 erlauben. Falls in der jährlichen Funktionsprüfung nachgewiesen wird, dass die bestehende Kalibrierfunktion außerhalb des Kalibrierbereichs gültig ist, kann die zuständige Behörde der Anlage die Erweiterung des Kalibrierbereichs bis zu den in der jährlichen Funktionsprüfung gemessenen maximalen Konzentrationen erlauben (jedoch nur bis zu maximal 50 % des Emissionsgrenzwerts).

Die bestehende Kalibrierfunktion darf bis zur Umsetzung der neuen Kalibrierfunktion verwendet werden.

Daten aus vorherigen Kalibrierungen dürfen nicht zusammen mit den Daten einer neuen Kalibrierung zur Berechnung der Kalibrierfunktion verwendet werden.

In der Berichterstattung an die Behörden sollten nur kalibrierte Messwerte verwendet werden.

6.6 Berechnung der Variabilität

Die festgelegte oder geforderte Unsicherheit der Messwerte der AMS ist zu ermitteln. Die genaue Definition dieser Messunsicherheit ist zu überprüfen (z. B. ob sie als 95%-Vertrauensbereich, als Standardabweichung oder als eine andere statistische Größe angegeben ist). Falls notwendig, ist die geforderte Messunsicherheit in eine absolute Standardabweichung σ_0 umzurechnen.

Falls die Messunsicherheit für ein Vertrauensniveau von 95 % angegeben ist, ist der Wert der absoluten Standardabweichung unter Verwendung eines Erweiterungsfaktors von 1,96 zu berechnen.