

DIN EN 14181

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

ICS 13.040.40

**Emissionen aus stationären Quellen –
Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen;
Deutsche Fassung EN 14181:2004**

Stationary source emissions –
Quality assurance of automated measuring systems;
German version EN 14181:2004

Émission de sources fixes –
Assurance qualité des systèmes automatiques de mesure;
Version allemande EN 14181:2004

Gesamtumfang 60 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss

Die Europäische Norm EN 14181:2004 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN 14181 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 9 „Quality assurance of automated measuring systems“ (Sekretariat und Vorsitz: Dänemark) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die vom Arbeitsausschuss „Prüfpläne“ der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN — Normenausschuss — benannt worden sind, erarbeitet.

Im Zusammenhang mit der Europäischen Norm EN 14181 wird auf die Richtlinienreihe VDI 3950 zur Kalibrierung automatischer Emissionsmesseinrichtungen hingewiesen. Die vorliegende Norm ersetzt einen Teil der Anforderungen und Verfahren, die in diesen VDI-Richtlinien festgelegt sind. Im Rahmen der zurzeit stattfindenden Überarbeitung der Richtlinienreihe VDI 3950 wird dies berücksichtigt. Die Richtlinienreihe VDI 3950 wird zukünftig als Ergänzung zur Europäischen Norm EN 14181 nur noch diejenigen Anforderungen und Verfahren festlegen, die zur Umsetzung nationaler Verordnungen und Verwaltungsvorschriften notwendig sind.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 6879 siehe DIN ISO 6879

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 6879, *Luftbeschaffenheit — Verfahrenskenngrößen und verwandte Begriffe für Messverfahren zur Messung der Luftbeschaffenheit (ISO 6879:1995)*.

VDI 3950 Blatt 1, *Kalibrierung automatischer Emissionsmesseinrichtungen*.

VDI 3950 Blatt 2, *Kalibrierung automatischer Emissionsmesseinrichtungen — Berichterstattung*.

VDI 3950 Blatt 3, *Kalibrierung automatischer Emissionsmesseinrichtungen — Ordnungsgemäßer Einbau*.

Deutsche Fassung

Emissionen aus stationären Quellen — Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen

Stationary source emissions — Quality assurance of
automated measuring systems

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. November 2003 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Grundlagen	10
6 Kalibrierung und Validierung der AMS (QAL2)	12
7 Laufende Qualitätssicherung beim Betrieb (QAL3)	21
8 Jährliche Funktionsprüfung (AST)	23
9 Dokumentation	27
Anhang A (normativ) Funktionskontrolle der AMS in QAL2 und AST	28
Anhang B (normativ) Linearitätsprüfung	32
Anhang C (normativ) CUSUM-Regelkarten	34
Anhang D (informativ) Dokumentation	40
Anhang E (informativ) Beispiel für die Berechnung der Kalibrierfunktion und die Variabilitätsprüfung	42
Anhang F (informativ) Beispiel für die Berechnung der Standardabweichung s_{AMS} am Null- und Referenzpunkt	50
Anhang G (informativ) Beispiel für die Anwendung der Kalibrierfunktion und die Variabilitätsprüfung in der AST	53
Anhang H (informativ) CUSUM-Regelkarte für den Feldeinsatz (Drift)	57
Literaturhinweise	58

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14181:2004) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2004, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2004 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben. Es unterstützt Anforderungen der EU-Richtlinien 2000/76/EG [1] und 2001/80/EG [2] und ist auch für andere Zwecke anwendbar.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Diese 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] 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 der automatischen Messeinrichtung und des Messverfahrens wird in EN ISO 14956 (QAL1) 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 Norm legt folgende Verfahren 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 Null- 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 Norm setzt voraus, dass die automatische Messeinrichtung zuvor die Prüfung nach den in EN ISO 14956 (QAL1) festgelegten Verfahren bestanden hat.

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

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN ISO 14956, *Luftbeschaffenheit — Beurteilung der Eignung von Messverfahren durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit (ISO 14956:2002)*.

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:1999)*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1
Luftbeschaffenheitsmerkmal
quantifizierbare Eigenschaft einer zu untersuchenden Luftprobe, beispielsweise die Konzentration einer Luftkomponente

[ISO 6879:1995]

3.2
automatische Messeinrichtung AMS
Messeinrichtung, die ständig an der Anlage zwecks kontinuierlicher Überwachung von Emissionen installiert ist

ANMERKUNG 1 Eine automatische Messeinrichtung ist ein Verfahren, das auf ein Referenzverfahren rückführbar ist.

ANMERKUNG 2 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

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

[ISO 3534-1:1993]

ANMERKUNG 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%-Vertrauensbereiches;
$\sigma_0 = I / (2 \times 1,96)$	die dem 95%-Vertrauensbereich zugeordnete Standardabweichung;
n	die Anzahl der beobachteten Werte;
f	die Häufigkeit;
m	der Messwert.

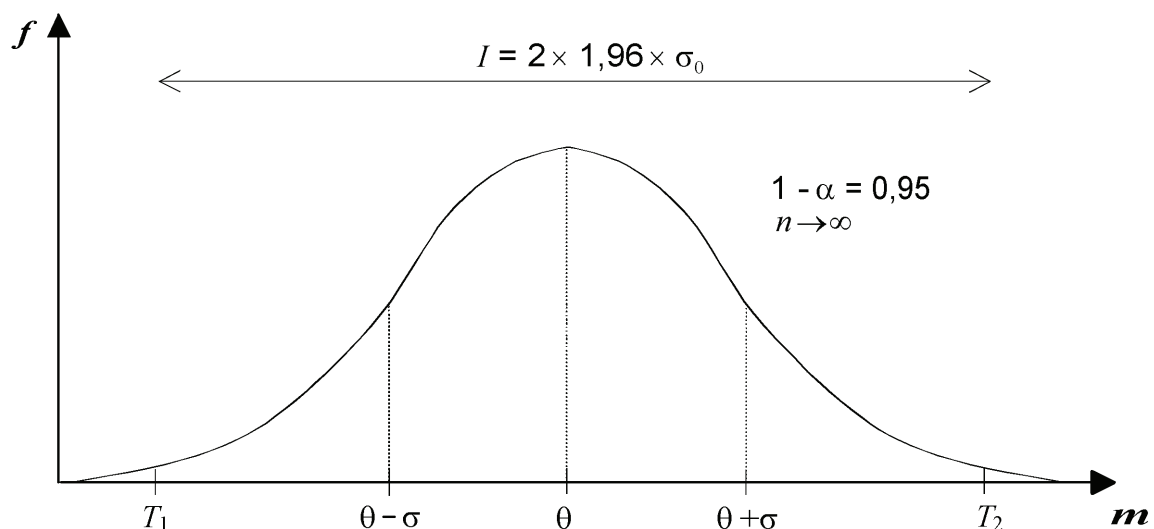


Bild 1 — Darstellung des 95%-Vertrauensbereiches einer Normalverteilung

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%-Vertrauensbereiches 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 Messwertes führt

3.8
Emissionsgrenzwert
Grenzwert, auf den sich die Anforderung an die Unsicherheit bezieht

ANMERKUNG In den EU-Richtlinien [1] und [2] 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

[ISO 6879:1995]

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

[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

[ISO 6879:1995]

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

[ISO 6879:1995]

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 Feuchte, Temperatur, Druck und Sauerstoffgehalt

3.18

Präzision

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

3.19

Referenzmaterial

Material, das eine bekannte Konzentration einer Eingangsgröße durch Verwendung von Ersatzstoffen simuliert und auf nationale Standards rückführbar ist

ANMERKUNG Normalerweise verwendete Ersatzstoffe sind Kalibriergase, Gaszellen, Gitter oder Filter.

3.20

Einstellzeit

Zeitspanne, die ein Messgerät benötigt, um auf eine sprunghafte Änderung des Wertes des Luftbeschaffenheitsmerkmals mit einer entsprechenden Änderung des Messsignals zu reagieren

[ISO 6879:1995]

3.21

Referenzpunktanzeige

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

ANMERKUNG 1 Diese Simulation sollte möglichst alle Teile der Messeinrichtung, die signifikant zu ihrer Leistung beitragen, einschließen.

ANMERKUNG 2 Die Referenzpunktanzeige liegt bei etwa 80 % des Messbereiches.

3.22

Normbedingungen

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

3.23

Standardabweichung

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

ANMERKUNG Die Anzahl der Freiheitsgrade ist die Anzahl der Messungen minus Eins.

3.24

Standardreferenzmessverfahren SRM

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

ANMERKUNG Wird auch als Referenzmessverfahren bezeichnet.

3.25

Messunsicherheit

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

[ENV 13005:1999]

3.26

Variabilität

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

3.27

Nullpunktanzeige

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

ANMERKUNG Diese Simulation sollte möglichst alle Teile der Messeinrichtung, die signifikant zu ihrer Leistung beitragen, einschließen.

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
$\overline{D}$	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_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 Null- 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 Wertes“, der mit Hilfe der Kalibrierfunktion aus dem Messsignal x_i der AMS berechnet wird
$\hat{y}_{i,s}$	bester Schätzwert des „wahren Wertes“ unter Normbedingungen, der aus dem Messsignal 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)
$\Sigma(\text{pos})_p$	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 $t-1$
s_{AMS}	in QAL3 verwendete Standardabweichung der AMS
α	Signifikanzniveau
ε_i	Abweichung zwischen y_i und dem Erwartungswert
σ_0	aus Anforderungen der Gesetzgebung abgeleitete Messunsicherheit

4.2 Abkürzungen

AMS	automatische Messeinrichtung
AST	jährliche Funktionsprüfung
ELV	Emissionsgrenzwert
QA	Qualitätssicherung
QAL	Qualitätssicherungsstufe
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, die unter EU-Richtlinien (z. B. [1] und [2]) fallen, muss eine Prüfung hinsichtlich ihrer Eignung für die Messaufgabe (Parameter und Zusammensetzung des Abgases) in der ersten Qualitätssicherungsstufe (QAL1) nach den in 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.

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 zweite Qualitätssicherungsstufe wird 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 Null- und Referenzpunktes der AMS mit Hilfe von Regelkarten, wobei die Überprüfung des Null- und Referenzpunktes auf denjenigen Verfahren basiert, die zur Ermittlung der Wiederholstandardabweichung am Null- und Referenzpunkt in QAL1 verwendet wurden. Abhängig vom Ergebnis der Ermittlungen kann eine Einstellung des Null- und Referenzpunktes 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 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.

5.2 Einschränkungen

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

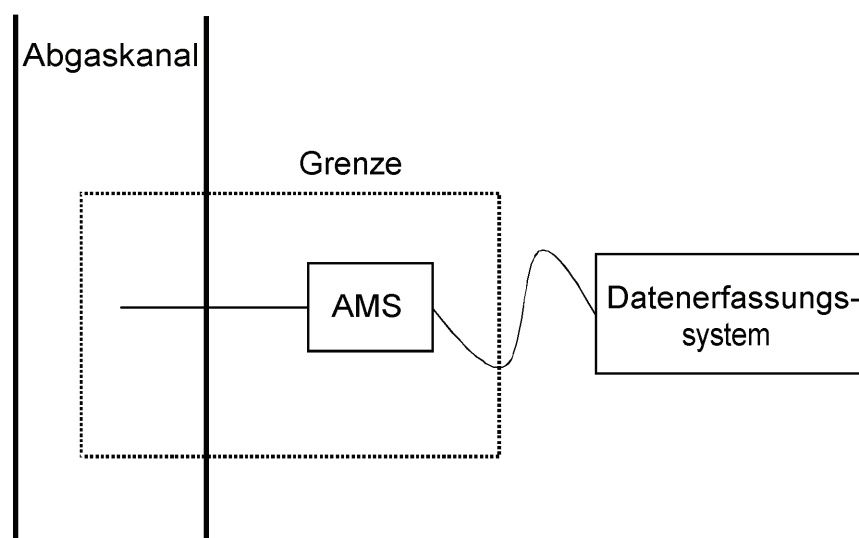


Bild 2 — Grenzen der Qualitätssicherung der AMS unter Ausschluss des Datenerfassungssystems

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 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 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 zusätzlich 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.

ANMERKUNG Die AMS sollte möglichst so eingebaut werden, dass sie eine Probe misst, die repräsentativ für die Zusammensetzung des Abgases ist.

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 muss ohne weiteres die Durchführung der Vergleichsmessungen mit einem SRM erlauben. Um vergleichbare Messungen zwischen der AMS und dem SRM zu erhalten, sind die Messöffnungen für das SRM so nah wie möglich bei der AMS einzurichten, wobei die Messöffnungen keinesfalls mehr als drei hydraulische Durchmesser unterhalb oder oberhalb des Einbauortes der AMS liegen dürfen.

Für die regelmäßige Überprüfung und zur Minimierung des Zeitaufwandes zur Implementierung der Qualitätssicherung nach dieser Norm ist es wichtig, 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.

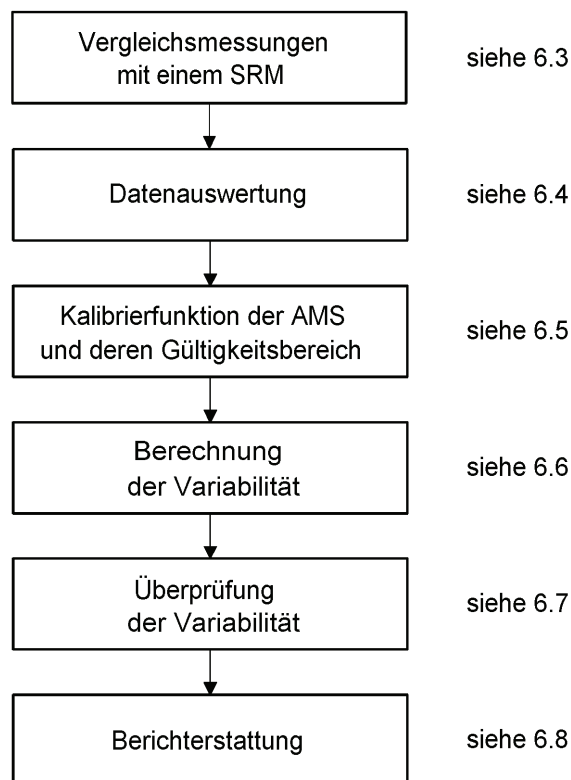


Bild 3 — Ablaufdiagramm der Kalibrierung und der Variabilitätsprüfung

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 (z. B. verlangt die EU-Richtlinie 2000/76/EC über die Verbrennung von Abfällen [1], dass alle drei Jahre Vergleichsmessungen durchzuführen sind).

Weiterhin ist 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.

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 1 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.

ANMERKUNG 2 Die anzuwendenden Schutzmaßnahmen hängen vom jeweiligen Ort ab. Staubbmessungen erfordern eine besondere Aufmerksamkeit.

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 Messpunktes 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 Emissionsgrenzwertes 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.

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 so nah wie möglich an der AMS liegt, ohne dass die ermittelten Ergebnisse durch die jeweils andere Messeinrichtung beeinflusst werden.

Die zur Anwendung des SRM benötigten Geräte dürfen die AMS-Messungen weder beeinflussen noch stören.

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 2 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 3 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 4 Die Anforderung, dass Messungen gleichmäßig über mindestens drei Tage verteilt werden müssen, bedeutet nicht, dass die Messungen an drei aufeinander folgenden Tagen durchzuführen sind.

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 Messbereiches 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 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.

Falls die Probenahmedauer kürzer als 1 h ist, muss der zeitliche Abstand zwischen dem Beginn der einzelnen Probenahmen 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).

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.

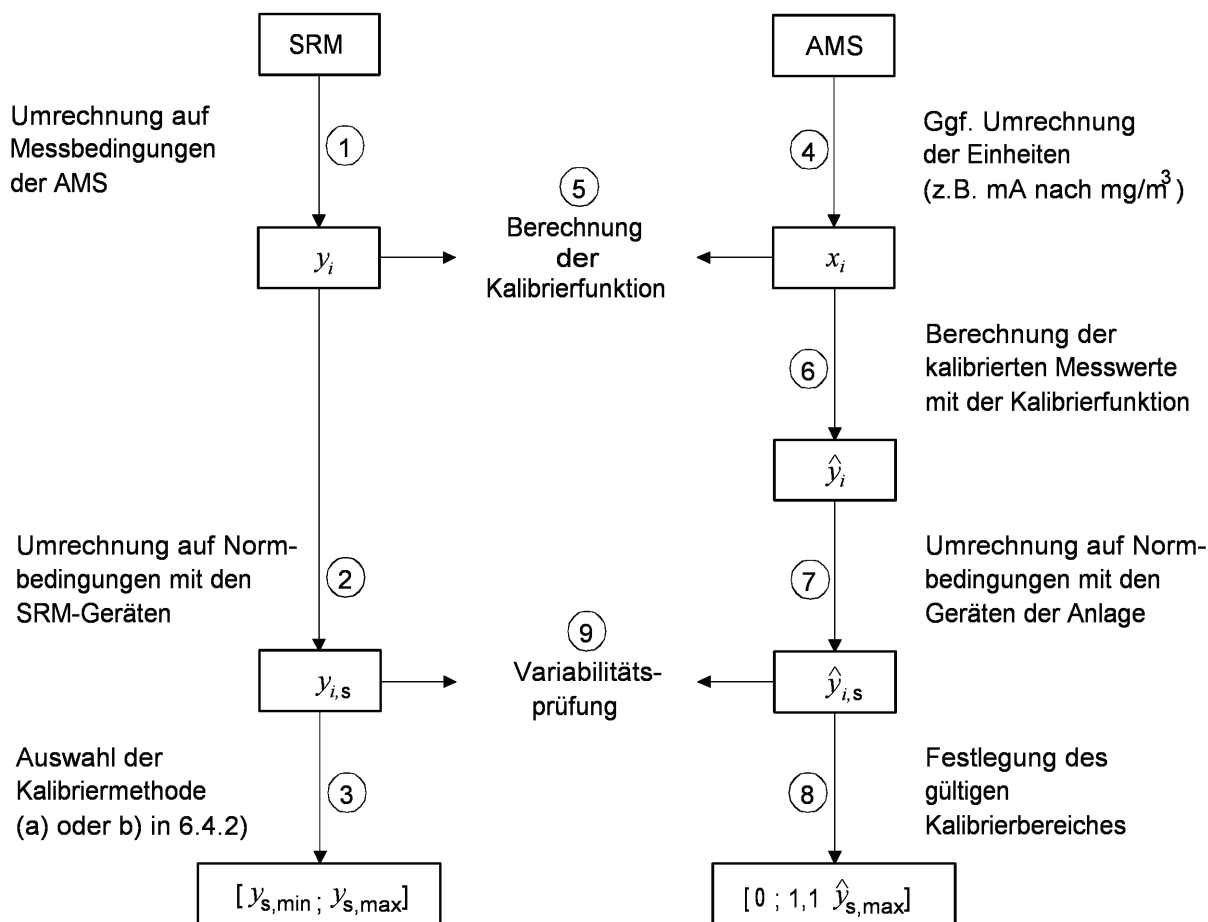


Bild 4 — Ablaufdiagramm zur Darstellung der einzelnen Schritte der Kalibrierung und der Variabilitätsprüfung¹⁾

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/m^3).

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/m^3) 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.

6.4.2 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):

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

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