

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Ermittlung der Unsicherheit
von Emissionsmessungen mit
diskontinuierlichen Messverfahren

VDI 4219

Determination of the uncertainty
of emission measurements by use of
discontinuous measurement methods

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

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

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

| Inhalt | Seite | Contents | Page |
|--|-----------|---|-----------|
| Vorbemerkung | 2 | Preliminary note | 2 |
| Einleitung | 2 | Introduction | 2 |
| 1 Anwendungsbereich | 3 | 1 Scope | 3 |
| 2 Begriffe | 4 | 2 Terms and definitions | 4 |
| 3 Formelzeichen und Abkürzungen | 6 | 3 Symbols and abbreviations | 6 |
| 4 Grundlagen | 7 | 4 Fundamentals | 7 |
| 4.1 Allgemeines | 7 | 4.1 General | 7 |
| 4.2 Unsicherheitsquellen | 8 | 4.2 Sources of uncertainty | 8 |
| 4.3 Verfahrensverifizierung | 9 | 4.3 Method verification | 9 |
| 4.4 Gültigkeitsbereich | 10 | 4.4 Range of validity | 10 |
| 5 Ermittlung der Messunsicherheit bei der Verfahrensverifizierung | 11 | 5 Determination of measurement uncertainty during method verification | 11 |
| 5.1 Allgemeines | 11 | 5.1 General | 11 |
| 5.2 Direkter Ansatz mit Doppelbestimmungen | 12 | 5.2 Direct approach based on paired measurements | 12 |
| 5.3 Indirekter Ansatz mit Analyse der Teilschritte des Messverfahrens | 15 | 5.3 Indirect approach with analysis of the sub-steps of the measurement method | 15 |
| 6 Repräsentative Erfassung der Messgröße bei der Einzelmessung | 18 | 6 Representative determination of the measurand in an individual measurement | 18 |
| 6.1 Allgemeines | 18 | 6.1 General | 18 |
| 6.2 Normgerechte Messstrecken | 18 | 6.2 Measurement sections complying with standards | 18 |
| 6.3 Nicht normgerechte Messstrecken | 18 | 6.3 Measurement sections not complying with standards | 18 |
| 7 Dokumentation der Unsicherheitsermittlung bei der Verfahrensverifizierung | 20 | 7 Report on uncertainty evaluation | 20 |
| 8 Angabe der Messunsicherheit von Einzelmessungen | 20 | 8 Expression of the uncertainty of individual measurements | 20 |

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltmesstechnik

| | Seite | | Page |
|-----------------|---|----|---|
| Anhang A | Statistische Gültigkeit | 22 | Annex A Statistical validity 22 |
| Anhang B | Beispiel für die Ermittlung der Messunsicherheit mit dem direkten Ansatz (Doppelbestimmungen) | 23 | Annex B Example of uncertainty determination using the direct approach (paired measurements) 23 |
| Anhang C | Beispiel für die Ermittlung der Messunsicherheit mit dem direkten Ansatz (Doppelbestimmungen an mehreren Anlagen) | 27 | Annex C Example of uncertainty determination using the direct approach (paired measurements at several facilities) 27 |
| Anhang D | Beispiel für die Ermittlung der Messunsicherheit mit dem indirekten Ansatz (Analyse der Teilschritte des Messverfahrens). | 32 | Annex D Example of uncertainty determination using the indirect approach (analysis of the sub-steps of the measurement method). 32 |
| Anhang E | Beispiel für die Ermittlung der Unsicherheit von SO ₂ -Messungen mit Sauerstoffbezug | 51 | Annex E Example of uncertainty determination of SO ₂ measurements under oxygen reference conditions 51 |
| Anhang F | Datenträger | 57 | Annex F Data carrier 57 |
| | Schrifttum | 58 | Bibliography 58 |

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist die Rechtsgrundlage für gesetzlich geregelte Emissionsmessungen. Bei Anlagen mit geringen Emissionsmassenströmen sollen die Emissionen für alle im Genehmigungsbescheid festgelegten luftverunreinigenden Stoffe mit erstmaligen und wiederkehrenden Messungen ermittelt werden. Genehmigungsbedürftige Anlagen mit hohen Emissionsmassenströmen und besondere nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind mit automatischen Emissionsmessenrichtungen auszurüsten, die eine Überwachung der fest-

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

The Federal Immission Control Act (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) is the legal basis for mandatory emission measurements. For facilities with low emission mass flows, the emissions for all air pollutants stipulated in the licensing notice shall be determined by initial and recurrent measurements. Facilities subject to licensing that have high emission mass flows and certain installations not subject to licensing shall be equipped with automated emission measuring systems that allow monitoring of the specified emission limits. In both cases, the relevant ordi-

gelegten Emissionsbegrenzungen erlauben. In beiden Fällen fordern die einschlägigen Verordnungen und Verwaltungsvorschriften zum BImSchG die Ermittlung der Unsicherheit der Messergebnisse (siehe beispielsweise 13. BImSchV, 17. BImSchV und TA Luft).

Bei erstmaligen und wiederkehrenden Messungen nach TA Luft und bei der Kalibrierung von automatischen Messeinrichtungen kommen Standardreferenzmessverfahren zum Einsatz, die in VDI-Richtlinien und DIN-Normen festgelegt sind, oder andere validierte Messverfahren, wenn standardisierte Verfahren nicht zur Verfügung stehen. Bei der Validierung von Messverfahren im Rahmen der Standardisierung werden die relevanten Verfahrenskenngrößen einschließlich der Messunsicherheit ermittelt. Prüflaboratorien sind nach DIN EN ISO/IEC 17025 gehalten, diese Verfahrenskenngrößen vor der Anwendung des Verfahrens zu verifizieren. Wenn andere Messverfahren (Hausverfahren) eingesetzt werden, sind diese vom Prüflaboratorium zu dokumentieren und zu validieren, und die Verfahrenskenngrößen sind in regelmäßigen Abständen zu verifizieren.

Bei der Kalibrierung von automatischen Messeinrichtungen nach DIN EN 14181 wird die Unsicherheit der mit dem Standardreferenzmessverfahren ermittelten Messwerte durch den in DIN EN 14181 verwendeten Ansatz zur Ermittlung der Messunsicherheit direkt erfasst und berücksichtigt. Bei Einzelmessungen nach TA Luft besteht dagegen die Notwendigkeit, die Unsicherheit der mit dem verwendeten Standardreferenzmessverfahren ermittelten Messergebnisse getrennt zu ermitteln.

Diese Unsicherheitsermittlung kann entweder mit einem direkten oder einem indirekten Ansatz durchgeführt werden. Beim direkten Ansatz werden alle Einflussgrößen, die Streuungen des Messergebnisses verursachen, in einem einzigen Experiment berücksichtigt. Beim indirekten Ansatz werden die Streuungen für die einzelnen Eingangsgrößen der Analysenfunktion (Methodenmodellgleichung), die zur Berechnung eines Messergebnisses in der vorgesehenen Anwendung verwendet werden, getrennt ermittelt und mithilfe des Unsicherheitsfortpflanzungsgesetzes zur Unsicherheit des Messergebnisses zusammengefasst.

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie VDI 4219 legt Verfahren zur Ermittlung der Unsicherheit von Emissionsmessungen mit diskontinuierlichen Messverfahren fest. Sie beschreibt zwei gleichwertige Ansätze zur Ermittlung der Messunsicherheit:

nances and administrative regulations to BImSchG require the determination of the uncertainty of the measurement results (see, for example, 13. BImSchV, 17. BImSchV and TA Luft).

For initial and recurrent measurements according to the Technical Instructions on Air Quality Control (TA Luft) and for the calibration of automated measuring systems, either standard reference methods that are specified in VDI guidelines and DIN standards, or, if such standardized methods are not available, other validated measurement methods are used. The validation of a measurement method as part of the standardization process provides the relevant performance characteristics, including the measurement uncertainty. According to DIN EN ISO/IEC 17025, testing laboratories are obliged to verify these performance characteristics before applying the method. If other measurement methods (in-house methods) are used, these shall be documented and validated by the testing laboratory, and the performance characteristics shall be verified at regular intervals.

When calibrating automated measuring systems according to DIN EN 14181, the uncertainty of the results, which are determined by the standard reference method, is directly processed by the uncertainty approach of this standard. For individual measurements according to TA Luft, there is the need to separately determine the uncertainty of the results obtained with the standard reference method.

The uncertainty determination can be realised either in an indirect or in a direct approach. In a direct approach, all influence quantities that cause variations of the measurement result are investigated in a single experiment. In an indirect approach, the variations are evaluated separately for the individual input quantities of the analytical equation (method model equation), which are used to calculate a measurement result in the designated application, and then combined by using the law of propagation of uncertainty to yield the uncertainty of the measurement result.

1 Scope

Guideline VDI 4219 specifies methods for determining the uncertainty of emission measurements by use of discontinuous measurement methods. The guideline describes two equivalent approaches: