

Jetzt  
kaufen auf  
[shop.wvgw.de](http://shop.wvgw.de)

Als Print oder  
PDF-Download

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.



🌐 [www.dvgw-regelwerk.de](http://www.dvgw-regelwerk.de)

# Technische Regel – Arbeitsblatt **DVGW G 693 (A)** Dezember 2018

**Ermittlung von Unsicherheiten von Erdgasmengen, Heizwerten und  
CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel**

Determination of uncertainties of natural gas quantities, calorific values  
and CO<sub>2</sub> emission factors for the CO<sub>2</sub> emissions trading

GAS

Der DVGW mit seinen rund 14.000 Mitgliedern ist der technisch-wissenschaftliche Verein im Gas- und Wasserfach, der seit mehr als 150 Jahren die technischen Standards für eine sichere und zuverlässige Gas- und Wasserversorgung setzt, aktiv den Gedanken- und Informationsaustausch in den Bereichen Gas und Wasser anstößt und durch praxisrelevante Hilfestellungen die Weiterentwicklung im Fach motiviert und fördert.

Der DVGW ist wirtschaftlich unabhängig, politisch neutral und dem Gemeinwohl verpflichtet.

Das DVGW-Regelwerk ist ein zentrales Instrument zur Erfüllung des satzungsgemäßen Zwecks und der Aufgaben des DVGW. Auf Basis der gesetzlichen Bestimmungen werden im DVGW-Regelwerk insbesondere sicherheitstechnische, hygienische, umweltschutzbezogene, gebrauchstauglichkeitsbezogene, verbraucher-schutzbezogene und organisatorische Anforderungen an die Versorgung und Verwendung von Gas und Wasser definiert. Mit seinem Regelwerk entspricht der DVGW der Eigenverantwortung, die der Gesetzgeber der Versorgungswirtschaft zugewiesen hat – für technische Sicherheit, Hygiene, Umwelt- und Verbraucherschutz.

### **Benutzerhinweis**

Mit dem DVGW-Regelwerk sind folgende Grundsätze verbunden:

- Das DVGW-Regelwerk ist das Ergebnis ehrenamtlicher Tätigkeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (DVGW-Satzung, Geschäftsordnung GW 100) erarbeitet worden ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.
- Das DVGW-Regelwerk steht jedermann zur Anwendung frei. Eine Pflicht kann sich aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, einem Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.
- Durch das Anwenden des DVGW-Regelwerkes entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Wer es anwendet, hat für die richtige Anwendung im konkreten Fall Sorge zu tragen.
- Das DVGW-Regelwerk ist nicht die einzige, sondern eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Es kann nicht alle möglichen Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können.

ISSN 0176-3490

Preisgruppe: 6

© DVGW, Bonn, Dezember 2018

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3  
D-53123 Bonn

Telefon: +49 228 9188-5  
Telefax: +49 228 9188-990  
E-Mail: [info@dvwg.de](mailto:info@dvwg.de)  
Internet: [www.dvbw.de](http://www.dvbw.de)

Jede Art der urheberrechtlichen Verwertung und öffentlichen Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Bonn, gestattet.

Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn  
Telefon: +49 228 9191-40 · Telefax: +49 228 9191-499  
E-Mail: [info@wvgw.de](mailto:info@wvgw.de) · Internet: [shop.wvgw.de](http://shop.wvgw.de)  
Art. Nr.: 310378

# Ermittlung von Unsicherheiten von Erdgasmengen, Heizwerten und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel

## Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>9</b>
2.1 DVGW-Regelwerk .....	9
2.2 Nationale Normen.....	10
2.3 Internationale Normen .....	11
2.4 Andere Technische Regeln.....	11
2.5 Gesetze, Verordnungen und Europäische Richtlinien .....	12
<b>3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen</b> .....	<b>12</b>
3.1 Einfache Anlage .....	13
3.2 Komplexe Anlage .....	13
3.3 Brennwert $H_s$ .....	13
3.4 Heizwert $H_i$ .....	13
3.5 Eichung.....	13
3.6 Emissionsquelle .....	13
3.7 Erweiterte Messunsicherheit .....	13
3.8 Erweiterungsfaktor.....	14
3.9 Genauigkeit.....	14
3.10 Kalibrierung.....	14
3.11 Kombinierte Standardunsicherheit.....	14
3.12 Mengenumwertung .....	14
3.13 Punktquelle .....	14
3.14 Prozessquelle.....	15
3.15 Maximaldurchfluß $Q_{max}$ .....	15
3.16 Minimaldurchfluß $Q_{min}$ .....	15
3.17 Trenndurchfluß $Q_t$ .....	15
3.18 Relative erweiterte Unsicherheit.....	15
3.19 Relative Standardunsicherheit .....	15
3.20 Standardunsicherheit.....	15
3.21 Sensitivität/Empfindlichkeit .....	15
3.22 Relative Sensitivität/Empfindlichkeit .....	15
3.23 Systematische Abweichung .....	15
3.24 Tätigkeitsdaten, Emissionsfaktor $E_F$ .....	16

3.25	Unsicherheit .....	16
3.26	Unsicherheit eines Messergebnisses (Einzelunsicherheit) .....	16
3.27	Unsicherheit eines Endergebnisses (Gesamtunsicherheit) .....	16
3.28	Zufällige Abweichung .....	16
3.29	Zustandszahl.....	16
3.30	Abrechnungsbrennwert.....	16
<b>4</b>	<b>Anforderungen aus TEHG und MVO an die Überwachung von Anlagen .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Erfassung und Weitergabe der relevanten Messdaten .....</b>	<b>18</b>
5.1	Allgemeine Regelungen zu den Marktrollen.....	18
5.2	Bestehende Regelungen zur Datenweitergabe durch die Kooperationsvereinbarung Gas (KoV) .....	18
5.3	Bestehende Anforderungen zur Nachvollziehbarkeit der Rechnung.....	18
5.4	Vertragliche Vereinbarungen .....	19
<b>6</b>	<b>Allgemeine Vorgehensweise bei der Ermittlung der Unsicherheiten von Gasmengen .....</b>	<b>19</b>
6.1	Erforderliche Vorüberlegungen .....	19
6.2	Allgemeine Grundlagen zur Ermittlung der Messunsicherheit.....	20
6.3	Einflussgrößen .....	22
6.4	Ermittlung von relativen Sensitivitätskoeffizienten .....	23
6.5	Aufstellung eines Unsicherheitsbudgets .....	24
6.6	Berechnung der Gesamtunsicherheit .....	24
<b>7</b>	<b>Berechnung von Unsicherheiten von Gasmengen <math>V_n</math>.....</b>	<b>24</b>
7.1	Einzel-Unsicherheit einer Erdgasmenge $V_n$ , gemessen in einer geeichten Messanlage mit Gaszähler und Mengenumwerter .....	24
7.2	Einzelunsicherheit einer Erdgasmenge $V_n$ , gemessen in kalibrierten Messanlagen.....	25
7.2.1	Messeinrichtungen .....	25
7.2.2	Dokumentation der Messeinrichtungen .....	26
7.2.3	Modellgleichung(en) .....	26
7.2.4	Kalibrierergebnisse, Umgebungsbedingungen .....	26
7.2.5	Druck .....	26
7.2.6	Temperatur .....	26
7.2.7	K-Zahl.....	26
7.2.8	Direkte Übernahme von Messwerten aus der geeichten Messanlage für die Betriebsmessstelle .....	26
7.2.9	Normdichte .....	27
7.2.10	Unsicherheiten .....	27
7.2.11	Sensitivitätskoeffizienten .....	27
7.2.12	Werte der Sensitivitätsfaktoren und Standardunsicherheit .....	27
7.2.13	Berechnung der erweiterten Unsicherheit $U$ .....	27
7.3	Gesamtunsicherheit bei parallelgeschalteten Messanlagen .....	28
7.4	Unsicherheit bei der Messung von Erdgas in komplexen Anlagenkonstellationen .....	29
<b>8</b>	<b>Bestimmung der Unsicherheit von Heizwerten und Emissionsfaktoren .....</b>	<b>30</b>
<b>Anhang A – Unsicherheiten des Normvolumens <math>V_n</math>, gemessen in einer geeichten Messanlage (Turbinenrad-Gaszähler und Mengenumwerter) mit Beispielen .....</b>		
<b>32</b>		
A.1	Anforderungen an die Dokumentation .....	32
A.2	Unsicherheitsbeiträge von maßgeblichen Faktoren.....	32

A.2.1	Fehlerkurvenkorrektur .....	32
A.2.2	Eingeschränkte Fehlergrenzen bei Turbinenradgaszählern nach DIN EN 12261 .....	32
A.2.3	Geeichter Zähler ohne Fehlerkurvenkorrektur .....	33
A.2.4	Unsicherheit der Prüfstände .....	34
A.2.5	Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse .....	34
A.2.6	Messunsicherheit im Bereich kleiner Durchflüsse .....	34
A.2.7	Mengennumwerter .....	35
A.2.8	Messunsicherheiten durch die Temperaturmessung .....	36
A.2.9	Messunsicherheiten durch die Druckmessung .....	36
A.2.10	Messunsicherheiten durch die Gasbeschaffenheit .....	36
A.2.11	Gasgleichung .....	37
A.2.12	Langzeitverhalten (Verhalten nach Inbetriebnahme) .....	37
A.2.13	Jahresmenge .....	38
A.2.14	Mittelungseffekte .....	38
A.3	Beispiele für geeichte Volumenmessung (Turbinenradgaszähler, Mengennumwerter) .....	39
A.3.1	Geeichter Gaszähler der Genauigkeitsklasse 1,0 mit Mengennumwerter und Fehlerkurven- Korrektur .....	39
A.3.2	Geeichter Turbinenradgaszähler mit eingeschränkter Fehlergrenze nach DIN EN 12261 (Abschnitte E.4 und E.5) mit Mengennumwerter .....	40
A.3.3	Geeichter Gaszähler mit Mengennumwerter; die Messabweichungen des Gaszählers bei der letzten Eichung sind bekannt .....	41
A.3.4	Geeichter Gaszähler der Genauigkeitsklasse 1,0 mit Mengennumwerter: die Messabweichungen des Gaszählers bei der letzten Eichung sind nicht bekannt .....	42
<b>Anhang B – Unsicherheiten des Normvolumens <math>V_n</math>, gemessen in kalibrierten Messanlagen .....</b>		<b>43</b>
B.1	Anforderungen an die Dokumentation .....	44
B.2	Unsicherheitsbeiträge maßgeblicher Faktoren .....	44
B.2.1	Fehlergrenzen betrieblicher Mengemessgeräte .....	44
B.2.2	Unsicherheit der Prüfstände .....	45
B.2.3	Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse .....	45
B.2.4	Messunsicherheit im Bereich kleiner Durchflüsse .....	45
B.2.5	Mengennumwertung .....	46
B.2.6	Messunsicherheiten durch die Gasbeschaffenheit .....	46
B.2.7	Gasgleichung .....	46
B.2.8	Langzeitverhalten (Verhalten nach Inbetriebnahme) .....	46
B.2.9	Jahresmenge .....	47
B.2.10	Betriebsbedingungen bei nicht geeichten Gaszählern .....	47
B.3	Kalibrierte Volumenmessanlagen in einfachen und komplexen Anlagenkonstellationen .....	49
B.3.1	Einfache Anlagenkonstellation (Beispiel) .....	49
B.3.2	Komplexe Anlagenkonstellationen (Beispiele) .....	50
<b>Anhang C – Beispiele zur Ermittlung von Unsicherheiten des Heizwertes und des CO<sub>2</sub>- Emissionsfaktors .....</b>		<b>65</b>
C.1	Berechnung des CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktors a) aus der Gasanalyse (Gl. (7.2)) und b) aus Gas- beschaffenheitsgrößen ( $H_s$ , $\rho_n$ , $x_{CO_2}$ ) für verschiedene Erdgase .....	65
C.2	Ermittlung der Unsicherheit der Stoffparameter H-Gas und L-Gas .....	66
C.2.1	Beispielrechnung zur Ermittlung der Unsicherheit der Stoffparameter für Nordsee-Erdgas H (Zusammensetzung Tabelle C.1) .....	66
C.2.2	Beispielrechnung zur Ermittlung der Unsicherheit der Stoffparameter für Holland-Erdgas L (Zusammensetzung s. Anhang C.1) .....	67

<b>Anhang D – Bestimmung des Gasvolumens (Brennstoffverbrauch)</b> .....	<b>68</b>
D.1 Messtechnische Größen .....	68
D.2 Funktionsweisen von Volumengaszählern .....	69
D.3 Balgengaszähler .....	70
D.4 Drehkolbengaszähler .....	71
D.5 Turbinenradgaszähler .....	73
D.6 Wirbelgaszähler .....	74
D.7 Ultraschallgaszähler .....	75
D.8 Coriolisgaszähler .....	76
D.9 Wirkdruckgaszähler (Messblenden, Staudrucksonden, Venturidüsen) .....	76
D.10 Sonstige Gaszähler .....	76
D.11 Mengenumwerter .....	76
D.12 Belastungs-Registriergeräte .....	78
<b>Anhang E – Bestimmung von Heizwerten und des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors</b> .....	<b>79</b>
E.1 Online-Gaschromatografen (Prozessgaschromatografen) .....	79
E.2 Sonstige Gasbeschaffenheitsmessgeräte .....	80
E.3 Brennwert-Rekonstruktionssysteme .....	80

## **Vorwort**

Dieses Arbeitsblatt wurde durch den Projektkreis „CO<sub>2</sub>-Emissionshandel“ im Technischen Komitee „Gasmessung und Abrechnung“ erarbeitet. Die vollständige, konsistente, verlässliche und transparente Überwachung der Treibhausgasemissionen hat zum Ziel, dass Anlagenbetreiber im Emissionshandel konform mit den gesetzlichen Anforderungen über ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen berichten.

Der Anwender dieses Arbeitsblattes ist gehalten, sich zunächst mit den gesetzlichen Vorgaben für die Überwachung und Berichterstattung zu befassen, insbesondere dem TEHG, der Monitoring-Verordnung, insbesondere auch den relevanten Leitfäden der DEHSt bei der Erstellung von Überwachungsplänen.

Um Betreibern emissionshandelspflichtiger Erdgasverbrennungsanlagen Hilfestellungen bei ihren Pflichten im Rahmen der Emissionsüberwachung und –berichterstattung zu geben, wurde dieses Arbeitsblatt in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und unter Mitwirkung der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) überarbeitet. Die Anforderungen an die Überwachung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen sind im Leitfaden der DEHSt zur Erstellung von Überwachungsplänen und Emissionsberichten für stationäre Anlagen in der 3. Handelsperiode (2013-2020) beschrieben.

In praxisorientierter Herangehensweise werden Verfahren zur Ermittlung von Unsicherheiten aufgezeigt. Damit soll den betroffenen Anlagenbetreibern Hilfestellung bei einer systematischen Unsicherheitsanalyse gegeben werden.

Dieses Arbeitsblatt ersetzt das DVGW-Merkblatt G 693:2011-01.

## **Änderungen**

Gegenüber DVGW-Arbeitsblatt G 693:2011-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Redaktionelle Überarbeitung
- b) Ergänzung um die folgenden Anwendungsfälle:
  - Ungeeichte Gaszähler und Mengenumwerter
  - komplexe Anlagen
  - wasserstoffangereicherte Gase
  - Gesamtunsicherheitsberechnungen

## Frühere Ausgaben

DVGW-Arbeitsblatt G 693:2011-01