

DIN EN ISO 12213-2

ICS 75.060

Ersatz für
DIN EN ISO 12213-2:2005-09

**Erdgas –
Berechnung von Realgasfaktoren –
Teil 2: Berechnungen basierend auf einer molaren Gasanalyse als
Eingangsgröße (ISO 12213-2:2006);
Deutsche Fassung EN ISO 12213-2:2009**

Natural gas –
Calculation of compression factor –
Part 2: Calculation using molar-composition analysis (ISO 12213-2:2006);
German version EN ISO 12213-2:2009

Gaz naturel –
Calcul du facteur de compression –
Partie 2: Calcul à partir de l'analyse de la composition molaire (ISO 12213-2:2006);
Version allemande EN ISO 12213-2:2009

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN
Normenausschuss Bergbau (FABERG) im DIN
Normenausschuss Gastechnik (NAGas) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 12213-2:2006, die vom Technischen Komitee ISO/TC 193 „Natural gas“ (Sekretariat: NEN) ausgearbeitet wurde.

Das zuständige nationale Gremium ist der NA 062-05-73 AA „Gasanalyse und Gasbeschaffenheit“ des Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

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

ISO 6976	siehe DIN EN ISO 6976
ISO 12213-1	siehe DIN EN ISO 12213-1
ISO 13443	siehe DIN EN ISO 13443

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 12213-2:2005-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Tabelle 1, Nebenspuren und in Spuren vorhandene Komponenten, wurde überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 12213-2: 2005-09

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6976, *Erdgas — Berechnung von Brenn- und Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex aus der Zusammensetzung*

DIN EN ISO 12213-1, *Erdgas — Berechnung von Realgasfaktoren — Teil 1: Einführung und Leitfaden*

DIN EN ISO 13443, *Erdgas — Standardbezugsbedingungen*

Deutsche Fassung

**Erdgas —
Berechnung von Realgasfaktoren —
Teil 2: Berechnungen basierend auf einer molaren Gasanalyse
als Eingangsgröße
(ISO 12213-2:2006)**

Natural gas —
Calculation of compression factor —
Part 2: Calculation using molar-composition analysis
(ISO 12213-2:2006)

Gaz naturel —
Calcul du facteur de compression —
Partie 2: Calcul à partir de l'analyse de la composition
molaire (ISO 12213-2:2006)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. August 2009 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 des CEN 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Berechnungsverfahren	4
4.1 Kurzbeschreibung	4
4.2 Die Gleichung AGA8-92DC	5
4.3 Eingangsgrößen.....	5
4.4 Anwendungsbereiche	6
4.4.1 Aufbereitetes Erdgas.....	6
4.4.2 Erweiterte Anwendungsbereiche	7
4.5 Unsicherheit	8
4.5.1 Unsicherheit für aufbereitetes Erdgas.....	8
4.5.2 Unsicherheit für erweiterte Anwendungsbereiche.....	8
4.5.3 Einfluss der Unsicherheiten auf die Eingangsgrößen	8
4.5.4 Angabe der Ergebnisse.....	10
5 Computerprogramm	10
Anhang A (normativ) Symbole und Einheiten.....	11
Anhang B (normativ) Beschreibung des AGA8-92DC-Verfahrens.....	13
B.1 Allgemeines	13
B.2 Realisierung des AGA8-92DC-Verfahrens mit einem Computer	13
B.2.1 Überblick über das Berechnungsverfahren	13
B.2.2 Einzelheiten des Berechnungsverfahrens	13
Anhang C (normativ) Rechenbeispiele	22
Anhang D (normativ) Umrechnungsfaktoren für Druck und Temperatur	23
Anhang E (informativ) Verhalten über erweiterte Anwendungsbereiche	24
Anhang F (informativ) Unterprogramme in Fortran für das AGA8-92DC-Verfahren	29
Literaturhinweise	37

Vorwort

Der Text von ISO 12213-2:2006 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 193 „Natural gas“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 12213-2:2009 übernommen.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können, ohne dass diese vorstehend identifiziert wurden. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 12213-2:2005.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 12213-2:2006 wurde vom CEN als EN ISO 12213-2:2009 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Die Internationale Norm ISO 12213 legt für Erdgase, Erdgase mit synthetischen Beimischungen und ähnliche Gemische Verfahren zur Berechnung der Realgasfaktoren unter Bedingungen fest, unter denen das Gemisch nur als Gas existieren kann.

In diesem Teil von ISO 12213 wird ein Verfahren zur Berechnung der Realgasfaktoren für Gase festgelegt, deren genaue stoffmengenmäßige Zusammensetzung ebenso wie die zutreffenden Drücke und Temperaturen bekannt sind.

Das Verfahren ist mit einer Unsicherheit von etwa $\pm 0,1$ % auf aufbereitete Erdgase innerhalb der Bereiche für den Druck p und die Temperatur T anwendbar, bei denen Transport- und Verteilungsvorgänge üblicherweise ablaufen. Es kann — mit höherer Unsicherheit — auch auf erweiterte Bereiche der Gaszusammensetzung, des Drucks und der Temperatur angewendet werden (siehe Anhang E).

Weitere Angaben zum Geltungs- und Anwendungsbereich des Verfahrens sind in ISO 12213-1 enthalten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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).

ISO 6976, *Natural gas — Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition*

ISO 12213-1, *Natural gas — Calculation of compression factor — Part 1: Introduction and guidelines*

ISO 80000-4, *Quantities and units — Part 4: Mechanics*

ISO 80000-5, *Quantities and units — Part 5: Thermodynamics*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in ISO 12213-1 angegebenen Begriffe.

4 Berechnungsverfahren

4.1 Kurzbeschreibung

Das empfohlene Verfahren wendet eine Gleichung an, die auf dem Konzept basiert, dass aufbereitetes Erdgas zur Berechnung seiner volumenbezogenen Eigenschaften durch eine Analyse seiner Komponenten eindeutig charakterisiert werden kann. Die Daten aus dieser Analyse sowie die Werte für Druck und Temperatur werden als Eingangsdaten für das Verfahren angewendet.

Das Verfahren basiert auf einer detaillierten Analyse der molaren Zusammensetzung, die alle Bestandteile erfassen sollte, die in Stoffmengenanteilen von mehr als 0,000 05 vorhanden sind. Üblicherweise gehören dazu alle Alkane bis etwa C₇ oder C₈ sowie Stickstoff, Kohlenstoffdioxid und Helium.

Für andere Gase müssen weitere Komponenten, z. B. Wasserdampf, Schwefelwasserstoff und Ethylen, berücksichtigt werden (siehe Literaturhinweis [1] in den Literaturhinweisen).

Für technische (synthetische) Gase sind vermutlich auch Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid wesentliche Komponenten.

4.2 Die Gleichung AGA8-92DC

Der Realgasfaktor wird bestimmt, indem die Charakterisierungsgleichung AGA8 für Gase (nachfolgend als Gleichung AGA8-92DC bezeichnet) angewendet wird. Es handelt sich um eine erweiterte Virialgleichung. Sie wird im AGA-Bericht Nr 8 [1] beschrieben. Die Gleichung AGA8-92DC darf in folgender Form dargestellt werden:

$$Z = 1 + B\rho_m - \rho_r \sum_{n=13}^{18} C_n^* + \sum_{n=13}^{58} C_n^* (b_n - c_n k_n \rho_r^{k_n}) \rho_r^{b_n} \exp(-c_n \rho_r^{k_n}) \quad (1)$$

Dabei ist

- Z der Realgasfaktor;
- B der zweite Virialkoeffizient;
- ρ_m die molare Dichte (Mol je Volumeneinheit);
- ρ_r die reduzierte Dichte;
- b_n, c_n, k_n Konstanten (siehe Tabelle B.1);
- C_n^* Koeffizienten, die Funktionen der Temperatur und der Zusammensetzung sind.

Für den Zusammenhang zwischen reduzierter Dichte ρ_r und molarer Dichte ρ_m gilt folgende Gleichung:

$$\rho_r = K^3 \rho_m \quad (2)$$

Dabei ist K ein Größenparameter des Gemisches.

Die molare Dichte kann durch folgende Gleichung angegeben werden:

$$\rho_m = \frac{p}{(ZRT)} \quad (3)$$

Dabei ist

- p der absolute Druck;
- R die universelle Gaskonstante;
- T die absolute Temperatur.

Z wird wie folgt errechnet: Unter Anwendung der in Anhang B angegebenen Zusammenhänge werden zunächst die Werte für B und C_n^* ($n = 13$ bis 58) errechnet. Die Gleichungen (1) und (3) werden für ρ_m und Z nach einem geeigneten numerischen Verfahren gleichzeitig gelöst (siehe Bild B.1).

4.3 Eingangsgrößen

Die Eingangsgrößen, die in die Gleichung AGA8-92DC eingesetzt werden müssen, sind der absolute Druck, die absolute Temperatur und die molare Zusammensetzung.

Die stoffmengenmäßige Zusammensetzung wird für folgende Komponenten benötigt: Stickstoff, Kohlenstoffdioxid, Argon, Methan, Ethan, Propan, *n*-Butan, Methyl-2-Propan (iso-Butan), *n*-Pentan, Methyl-2-Butan (iso-Pentan), Hexane, Heptane, Octane, Nonane, Decane, Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid, Schwefelwasserstoff, Helium, Sauerstoff und Wasser.

ANMERKUNG Wenn die Stoffmengenanteile für Heptane, Octane, Nonane und Decane unbekannt sind, ist die Anwendung eines gemeinsamen C₆₊-Anteils zulässig. Der Anwender sollte eine Analyse zur Überprüfung der Empfindlichkeit durchführen, um festzustellen, ob eine spezielle Näherung für diesen Typ das Ergebnis beeinträchtigt.

Alle Komponenten mit Stoffmengenanteilen von mehr als 0,000 05 müssen berücksichtigt werden. Komponenten, die in Spuren vorhanden sind (z. B. Ethylen), müssen nach Tabelle 1 behandelt werden.

Falls die volumenbezogene Zusammensetzung bekannt ist, muss sie nach dem in ISO 6976 angegebenen Verfahren in die stoffmengenmäßige Zusammensetzung umgerechnet werden. Die Summe aller Stoffmengenanteile muss 1 ergeben, wobei die Abweichungen höchstens 0,000 1 betragen dürfen.

4.4 Anwendungsbereiche

4.4.1 Aufbereitetes Erdgas

Die Bereiche für die Anwendung von aufbereitetem Erdgas werden folgendermaßen definiert:

Absoluter Druck	0 MPa	$\leq p \leq$	12 MPa
Temperatur	263 K	$\leq T \leq$	338 K
Brennwert	30 MJ · m ⁻³	$\leq H_S \leq$	45 MJ · m ⁻³
Relative Dichte	0,55	$\leq d \leq$	0,80

Die Stoffmengenanteile für die Erdgaskomponenten müssen innerhalb folgender Bereiche liegen:

Methan	0,7	$\leq x_{CH_4} \leq$	1,00
Stickstoff	0	$\leq x_{N_2} \leq$	0,20
Kohlenstoffdioxid	0	$\leq x_{CO_2} \leq$	0,20
Ethan	0	$\leq x_{C_2H_6} \leq$	0,10
Propan	0	$\leq x_{C_3H_8} \leq$	0,035
Butane	0	$\leq x_{C_4H_{10}} \leq$	0,015
Pentane	0	$\leq x_{C_5H_{12}} \leq$	0,005
Hexane	0	$\leq x_{C_6} \leq$	0,001
Heptane	0	$\leq x_{C_7} \leq$	0,000 5
Octane plus höhere Kohlenwasserstoffe	0	$\leq x_{C_{8+}} \leq$	0,000 5
Wasserstoff	0	$\leq x_{H_2} \leq$	0,10
Kohlenstoffmonoxid	0	$\leq x_{CO} \leq$	0,03
Helium	0	$\leq x_{He} \leq$	0,005
Wasser	0	$\leq x_{H_2O} \leq$	0,000 15

Alle Komponenten, für die x_i kleiner als 0,000 05 ist, können vernachlässigt werden.

NebenkompONENTEN und Komponenten, die in Spuren vorhanden sind, werden in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 — NebenkompONENTEN und in Spuren vorhandene Komponenten

NebenkompONENTe bzw. in Spuren vorhandene Komponente	Zugehörige Komponente
Sauerstoff	Sauerstoff
Argon, Neon, Krypton, Xenon	Argon
Schwefelwasserstoff	Schwefelwasserstoff
Stickoxid	Kohlenstoffdioxid
Ammoniak	Methan
Ethylen, Acetylen, Methanol (Methylalkohol), Cyanwasserstoffsäure	Ethan
Propylen, Propadien, Methanthiol (Methylmercaptan)	Propan
Butene, Butadiene, Carbonylsulfid (Kohlenstoffoxidsulfid), Schwefeldioxid	<i>n</i> -Butan
Neo-Pentan, Pentene, Benzol, Cyclopentan, Kohlenstoffdisulfid	<i>n</i> -Pentan
Alle C ₆ -Isomere, Cyclohexan, Toluol, Methylcyclopentan	<i>n</i> -Hexan
Alle C ₇ -Isomere, Ethylcyclopentan, Methylcyclohexan, Cycloheptan, Ethylbenzol, Xylol	<i>n</i> -Heptan
Alle C ₈ -Isomere, Ethylcyclohexan	<i>n</i> -Octan
Alle C ₉ -Isomere	<i>n</i> -Nonan
Alle C ₁₀ -Isomere und alle höheren Kohlenwasserstoffe	<i>n</i> -Decan

Das Verfahren gilt nur für Gemische im einphasigen gasförmigen Zustand (oberhalb des Taupunkts) unter den interessierenden Temperatur- und Druckbedingungen.

4.4.2 Erweiterte Anwendungsbereiche

Die Bereiche für die Anwendung, die über die in 4.4.1 angegebenen Grenzwerte hinaus geprüft werden, sind:

Absoluter Druck	0 MPa	≤	p	≤	65 MPa
Temperatur	225 K	≤	T	≤	350 K
Relative Dichte	0,55	≤	d	≤	0,90
Brennwert	20 MJ · m ⁻³	≤	H_S	≤	48 MJ · m ⁻³

Die zulässigen Stoffmengenanteile für die Hauptkomponenten des Erdgases sind:

Methan	0,50	≤	x_{CH_4}	≤	1,00
Stickstoff	0	≤	x_{N_2}	≤	0,50
Kohlenstoffdioxid	0	≤	x_{CO_2}	≤	0,30
Ethan	0	≤	$x_{C_2H_6}$	≤	0,20
Propan	0	≤	$x_{C_3H_8}$	≤	0,05
Wasserstoff	0	≤	x_{H_2}	≤	0,10

Die Grenzwerte für die Neben- und Spurenelemente des Gases stimmen mit den in 4.4.1 für aufbereitetes Erdgas angegebenen Werten überein. Für eine Anwendung des Verfahrens außerhalb dieser Bereiche, siehe Anhang E.

4.5 Unsicherheit

4.5.1 Unsicherheit für aufbereitetes Erdgas

Die Unsicherheit der Ergebnisse für die Anwendung auf alle aufbereiteten Erdgase innerhalb der in 4.4.1 festgelegten Grenzwerte beträgt $\pm 0,1 \%$ (für den Temperaturbereich von 263 K bis 350 K und für Drücke bis 12 MPa) (siehe Bild 1). Für Temperaturen oberhalb von 290 K und bei Drücken bis 30 MPa beträgt die Unsicherheit des Ergebnisses ebenfalls $\pm 0,1 \%$.

Für niedrigere Temperaturen wird für Drücke bis etwa 10 MPa die Unsicherheit von $\pm 0,1 \%$ mindestens beibehalten.

Dieses Unsicherheitsniveau wurde bestimmt, indem ein Vergleich mit der GERG-Datenbank für Messungen des Realgasfaktors für Erdgase durchgeführt wird [2], [3]. Ein umfassender Vergleich erfolgte auch mit den GRI pVT -Daten an gravimetrisch hergestellten simulierten Erdgasgemischen [4], [5].

Die Messunsicherheit für beide zur Prüfung des Verfahrens verwendeten Datenbanken liegt in der Größenordnung von $\pm 0,1 \%$.

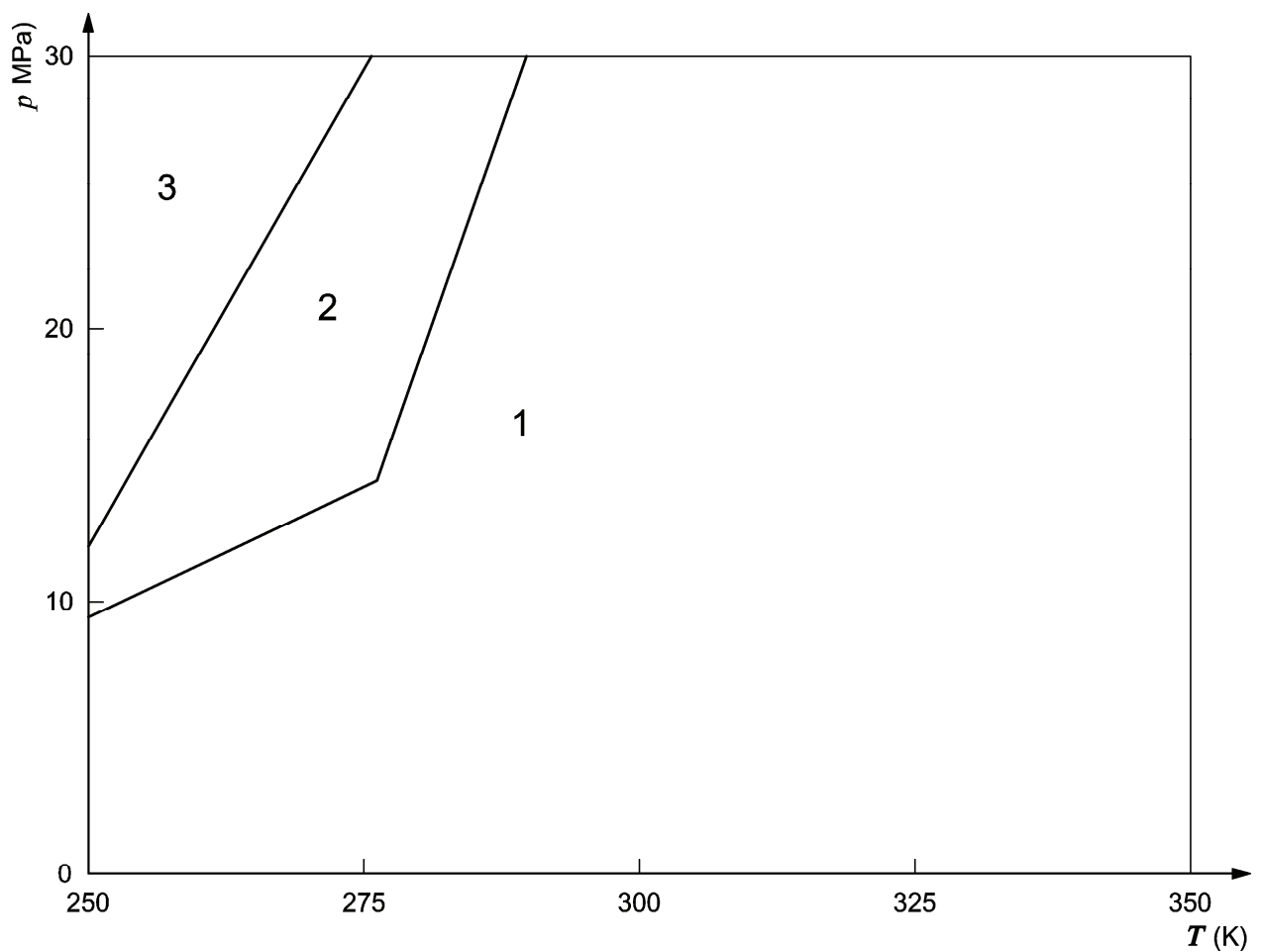
4.5.2 Unsicherheit für erweiterte Anwendungsbereiche

Die bei Überschreitung der in 4.4.1 angegebenen Grenzwerte für die Berechnungen der Realgasfaktoren geschätzten Unsicherheiten werden in Anhang E erörtert.

4.5.3 Einfluss der Unsicherheiten auf die Eingangsgrößen

In Tabelle 2 werden typische Werte für die Unsicherheiten der wesentlichen Eingangsgrößen aufgeführt. Diese Werte können unter optimalen Betriebsbedingungen erreicht werden.

Als allgemeine Richtlinie gilt, dass bei einer Untersuchung der Fehlerfortpflanzung unter Anwendung der Unsicherheiten in den Eingangsgrößen eine zusätzliche Ergebnisunsicherheit von etwa $\pm 0,1 \%$ bei 6 MPa und innerhalb des Temperaturbereichs von 263 K bis 338 K erzeugt wird. Bei einem Druck über 6 MPa vergrößern sich die zusätzlichen Unsicherheiten etwa in direkter Proportionalität zum Druck.



Gleichung AGA8-DC92

Legende

p Druck
 T Temperatur

- 1 $\Delta Z \leq \pm 0,1 \%$
- 2 $\Delta Z \pm 0,1 \%$ bis $\pm 0,2 \%$
- 3 $\Delta Z \pm 0,2 \%$ bis $\pm 0,5 \%$

ANMERKUNG Es wird erwartet, dass die für die Unsicherheit angegebenen Grenzwerte für Erdgas und ähnliche Gase mit $x_{N_2} \leq 0,20$, $x_{CO_2} \leq 0,20$, $x_{C_2H_6} \leq 0,10$ und $x_{H_2} \leq 0,10$ sowie für $30 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3} \leq H_G \leq 45 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ und $0,55 \leq d \leq 0,80$ gültig sind.

Bild 1 — Grenzwerte für die Unsicherheit bei Berechnung der Realgasfaktoren

Tabelle 2 — Unsicherheiten der Eingangsgrößen

Eingangsgröße	Absolute Unsicherheit
Absoluter Druck	$\pm 0,02 \text{ MPa}$
Temperatur	$\pm 0,15 \text{ K}$
Stoffmengenanteil für	
inerte Komponenten	$\pm 0,001$
Stickstoff	$\pm 0,001$
Kohlenstoffdioxid	$\pm 0,001$
Methan	$\pm 0,001$
Ethan	$\pm 0,001$
Propan	$\pm 0,000 5$
Butane	$\pm 0,000 3$
Pentane sowie höhere Kohlenwasserstoffe	$\pm 0,000 1$
Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid	$\pm 0,001$

4.5.4 Angabe der Ergebnisse

Die Ergebnisse für den Realgasfaktor und die molare Dichte müssen auf vier bzw. auf fünf Dezimalstellen zusammen mit den Werten für Druck und Temperatur und dem angewendeten Berechnungsverfahren (ISO 12213-2, Gleichung AGA8-92DC) angegeben werden. Zur Verifizierung der Berechnungsverfahren ist es hilfreich, zusätzliche Stellen zu berücksichtigen.

5 Computerprogramm

Es ist Software für diese Internationale Norm vorhanden. Die Anwender dieses Teils von ISO 12213 werden gebeten, ISO/TC 193/SC 1 entweder direkt oder über die für sie zuständige ISO-Mitgliedskörperschaft zu kontaktieren, um die Verfügbarkeit dieser Software zu erkunden.