

DIN EN ISO 15970

ICS 75.060; 75.180.30

**Erdgas –
Messung der Eigenschaften –
Volumetrische Eigenschaften: Dichte, Druck, Temperatur und
Kompressibilitätsfaktor (ISO 15970:2008);
Deutsche Fassung EN ISO 15970:2014**

Natural gas –
Measurement of properties –
Volumetric properties: density, pressure, temperature and compression factor
(ISO 15970:2008);
German version EN ISO 15970:2014

Gaz naturel –
Mesurage des caractéristiques –
Caractéristiques volumétriques: masse volumique, pression, température et facteur de
compression (ISO 15970:2008);
Version allemande EN ISO 15970:2014

Gesamtumfang 58 Seiten

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

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/SS N21 aus der Arbeit des ISO/TC 193 „Erdgas“ übernommen.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist im Normenausschuss Gastechnik (NAGas) hierfür der NA 032-03-05 AA „Gasförmige Brennstoffe“ zuständig.

Es gibt keine Vorgängerausgabe. Grundlage für die Übernahme ist ISO 15970:2008, die inhaltlich unverändert übernommen wurde.

Während DIN 1871 sich auf die Laboranalyse von Brenngasen bezieht, betrifft DIN EN ISO 15970 die Feldmessung und –bestimmung von volumetrischen Messgrößen ausschließlich von Erdgas. DIN EN ISO 15970 ersetzt demzufolge nicht DIN 1871, sondern ergänzt diese für die Anwendung außerhalb von Laboratorien.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5167-1, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*

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

DIN EN ISO 10715, *Erdgas — Probenahmerichtlinien*

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

DIN EN ISO 12213-2, *Erdgas — Berechnung von Realgasfaktoren — Teil 2: Berechnungen basierend auf einer molaren Gasanalyse als Eingangsgröße*

DIN EN ISO 12213-3, *Erdgas — Berechnung von Realgasfaktoren — Teil 3: Berechnungen basierend auf physikalischen Stoffeigenschaften als Eingangsgrößen*

DIN EN ISO 14532, *Erdgas — Begriffe*

E DIN EN 1776:2014-01, *Gasinfrastruktur — Erdgasmesssysteme — Funktionale Anforderungen; Deutsche Fassung prEN 1776:2013*

DIN EN 60079-0, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 0: Betriebsmittel — Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 60079-1, *Explosionsfähige Atmosphären — Teil 1: Geräteschutz durch druckfeste Kapselung "d"*

DIN EN 60079-11, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 11: Geräteschutz durch Eigensicherheit "i"*

DIN EN 60079-14, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen*

DIN EN 60079-15, *Explosionsfähige Atmosphäre — Teil 15: Geräteschutz durch Zündschutzart "n"*

DIN EN 60751 *Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und Platin-Temperatursensoren*

DIN EN 60770-1, *Messumformer für industrielle Prozessleittechnik — Teil 1: Methoden für die Bewertung des Betriebsverhaltens*

DIN EN 60770-2, *Messumformer für industrielle Prozessleittechnik — Teil 2: Verfahren für Abnahme und Stückprüfung*

DIN IEC 60381-1, *Analoge Signale für Regel- und Steueranlagen; Analoge Gleichstromsignale*

DIN IEC 60381-2, *Analoge Signale für Regel- und Steueranlagen — Teil 2: Analoge Gleichspannungssignale*

BS 1042-1: *Measurement of fluid flow in closed conduits. Pressure differential devices. Guide to the use of devices specified in sections 1.1 and 1.2* ist zurückgezogen; siehe:

DIN EN ISO 5167-1 *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten — Teil 1: Blenden, Düsen und Venturirohre in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt*

DIN 1871, *Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase — Dichte und andere volumetrische Größen*

ISO 4006:1991, *Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols*, siehe:

DIN EN 24006:1993-08, *Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen (ISO 4006:1991); Deutsche Fassung EN 24006:1993*

Deutsche Fassung

Erdgas - Messung der Eigenschaften - Volumetrische
Eigenschaften: Dichte, Druck, Temperatur und
Kompressibilitätsfaktor (ISO 15970:2008)

Natural gas - Measurement of properties - Volumetric
properties: density, pressure, temperature and compression
factor (ISO 15970:2008)

Gaz naturel - Mesurage des caractéristiques -
Caractéristiques volumétriques: masse volumique,
pression, température et facteur de compression (ISO
15970:2008)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. Februar 2014 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-CENELEC 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
3.1 Begriffe bezüglich Dichte bei Referenzbedingungen	8
3.2 Begriffe bezüglich Dichte bei Betriebsbedingungen	8
3.3 Begriffe bezüglich Druck	9
3.4 Begriffe bezüglich Temperatur.....	10
3.5 Begriffe bezüglich Kompressibilitätsfaktor	10
4 Formelzeichen und Einheiten.....	10
4.1 Formelzeichen und Indizes für die Dichte bei Referenzbedingungen	10
4.2 Formelzeichen und Indizes für die Dichte bei Betriebsbedingungen	10
4.3 Formelzeichen und Indizes für den Kompressibilitätsfaktor	11
5 Dichte bei Referenzbedingungen.....	12
5.1 Messprinzip	12
5.1.1 Allgemeines	12
5.1.2 Waagesystem	12
5.1.3 Schwingelementsystem	12
5.2 Leistungsbeurteilung und Abnahmeprüfungen	16
5.2.1 Anforderungen	16
5.2.2 Leistungsprüfungen	16
5.3 Probenahme- und Installationsanleitungen	17
5.4 Kalibrierung	17
5.5 Verifizierung	18
5.6 Instandhaltung	18
5.7 Qualitätskontrolle	18
6 Dichte bei Betriebsbedingungen.....	18
6.1 Messprinzip	18
6.1.1 Schwingelement.....	18
6.1.2 Temperatur- und Druckkorrektur	18
6.1.3 Korrektur der Schallgeschwindigkeit (VOS, en: velocity of sound).....	19
6.2 Leistungsbeurteilung und Abnahmeprüfungen	20
6.2.1 Anforderungen und Leistungsbeurteilung für die Messgeräteauswahl	20
6.2.2 Abnahmeprüfungen im Werk, nach Erwerb und am Einsatzort	21
6.3 Probenahme- und Installationsanleitungen	22
6.3.1 Allgemeines	22
6.4 Kalibrierung	27
6.4.1 Laborkalibrierung	27
6.4.2 Vor-Ort-Kalibrierung	27
6.5 Verifizierung	27
6.5.1 Nulllinienprüfung	27
6.5.2 Druckverschiebungsprüfung (nur bei Installation an der Leitung)	27
6.6 Instandhaltung	28
6.7 Qualitätskontrolle	28
6.7.1 Allgemeines	28
6.7.2 Konsistenzprüfung	28
6.7.3 Aufzeichnung der Stabilität	28

7	Druck.....	29
7.1	Messprinzip.....	29
7.1.1	Allgemeines	29
7.1.2	Messgrößenfühler (Sensoren)	29
7.1.3	Ausgangssignal.....	31
7.2	Leistungsbeurteilung und Abnahmeprüfungen	31
7.2.1	Anforderungen und Leistungsbeurteilungen für die Messgeräteauswahl.....	31
7.2.2	Abnahmeprüfungen im Werk, nach Erwerb und am Einsatzort	32
7.3	Installationsanleitungen	32
7.3.1	Mechanische Verbindungen.....	32
7.3.2	Elektrische Verbindungen	34
7.4	Kalibrierung	35
7.4.1	Allgemeines	35
7.4.2	Kalibrierung von intelligenten Messumformern	35
7.4.3	Kalibrierung von analogen Messumformern	36
7.5	Verifizierung.....	36
7.6	Instandhaltung	36
7.7	Qualitätskontrolle	36
8	Temperatur	36
8.1	Messprinzip.....	36
8.2	Leistungsbeurteilung und Abnahmeprüfungen	38
8.2.1	Anforderungen und Leistungsbeurteilungen für die Messgeräteauswahl.....	38
8.2.2	Abnahmeprüfungen im Werk, nach Erwerb und am Einsatzort	38
8.3	Installationsanleitungen	39
8.3.1	Temperaturmessstutzen.....	39
8.3.2	Auswahl des Messpunkts.....	40
8.3.3	Isolation des Temperatur-Messwandlers.....	40
8.3.4	Einschränkungen bezüglich Temperaturmessstutzen	41
8.3.5	Elektrische Verbindungen	41
8.3.6	Effekt der Eigenerwärmung.....	41
8.4	Kalibrierung	41
8.4.1	Sensorkalibrierung.....	41
8.4.2	Kalibrierung des Messumformers	42
8.5	Verifizierung.....	42
8.6	Instandhaltung	42
8.7	Qualitätskontrolle	42
9	Kompressibilitätsfaktor	43
9.1	Messprinzip.....	43
9.1.1	Arbeitsgrenzen	43
9.2	Funktionsprinzip.....	43
9.2.1	Berechnung.....	44
9.2.2	Verfahren zum Extrapolieren von Z auf andere Bedingungen	45
9.3	Leistungsbeurteilung und Abnahmeprüfungen	46
9.3.1	Allgemeines	46
9.3.2	Prüfung auf Wiederholpräzision	46
9.3.3	Genauigkeitsprüfung	46
9.3.4	Empfindlichkeitsprüfung	46
9.3.5	Prüfung des Temperatureffekts	46
9.3.6	Prüfung der Ansprechzeit	46
9.3.7	Prüfungen am Absolutdruck-Messumformer	46
9.3.8	Prüfungen an der Temperatursonde	46
9.4	Probenahme- und Installationsanleitungen	47
9.5	Kalibrierung	47
9.6	Verifizierung.....	48
9.7	Instandhaltung	48
9.8	Qualitätskontrolle	48
Anhang A (informativ) Anleitung für die Messgeräteauswahl, Messgeräteprüfung und Arbeitsabläufe.....		49

Anhang B (informativ) Messgeräte-Dokumentation.....	52
Literaturhinweise	54

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 15970:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 193 „Natural gas“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/SS N21 „Gaseous fuels and combustible gas“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom CCMC gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2014 zurückgezogen werden.

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

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 15970:2008 wurde vom CEN als EN ISO 15970:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Der Rohrleitungstransport von Erdgas kann das Überqueren nationaler Grenzen beinhalten; an Grenzübergängen und andernorts ist die Kenntnis der physikochemischen Eigenschaften des Fluids von großer betrieblicher und ökonomischer Bedeutung. Der Energiefluss und die Eigenschaften des Gases werden in verschiedenen Stufen des gesamten Produktionsprozesses und eichpflichtigen Verkehrs benötigt: Produktion, Mischen, Transport, (Durchfluss-)Messung, Verteilung und Lieferung.

Die internationale Normung der Leistungsspezifikationen für verschiedene Arten von Messgeräten kann für Vertragspartner den Vergleich von Messergebnissen erleichtern und das Vertrauen in diese erhöhen. In vielen Fällen ist es möglich, die Eigenschaften von Erdgas bei bekannter Zusammensetzung mit hinreichender Genauigkeit zu berechnen. Außerdem ist es oft möglich, die Eigenschaften mit Techniken zu messen, die für ihre Realisierung keine Analyse der Zusammensetzung erfordern.

Die vorliegende Internationale Norm betrachtet lediglich diejenigen Verfahren zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Erdgas, die nicht von einer genauen quantitativen Analyse des Gases abhängen. Derartige Messungen berücksichtigen die „Gesamtprobe“ des Gases.

Diese Internationale Norm definiert Leistungsmerkmale, die für die Festlegung der gerätetechnischen Ausstattung für die Messung einiger Eigenschaften von Erdgas notwendig sind. Sie enthält Anleitungen für Installation, rückführbare Kalibrierung, Leistung, Betrieb, Instandhaltung und Abnahmeprüfung dieser Messgeräte.

Das in dieser Internationalen Norm übernommene Messprinzip für die einzelnen Eigenschaften ist für eine Reihe von Anwendungen typisch.

Es ist erforderlich, dass die Kalibrierung der Messgeräte, die in dieser Internationalen Norm behandelt werden, auf nationale oder internationale Normen zurückgeführt werden kann.

Es ist notwendig, dass die Messgeräte, einschließlich ihrer Installation, und die Geräte für die Vor-Ort-Kalibrierung, Verifizierung und Instandhaltung die lokalen gesetzlichen Bestimmungen zur Anwendung in Gefahrenbereichen einhalten.

Anhang A enthält allgemeine Anleitungen für die Geräteauswahl, Geräteprüfung und Arbeitsabläufe bezüglich der Geräte, die Gegenstand dieser Internationalen Norm sind.

Anhang B enthält besonders wichtige Daten für die Gerätedokumentation in Listenform.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Internationale Norm enthält Anforderungen und Verfahren für die Messung der Eigenschaften von Erdgas, die hauptsächlich zur Volumenberechnung und Volumenumrechnung verwendet werden: Dichte bei Referenz- und Betriebsbedingungen, Druck, Temperatur und Kompressibilitätsfaktor (Realgasfaktor).

Es werden nur die Verfahren und Messgeräte berücksichtigt, die für den Vor-Ort-Betrieb unter den Bedingungen von Erdgasferntransport und -verteilung geeignet sind und entweder leitungintegriert oder an der Leitung installiert sind, aber keine Bestimmung der Gaszusammensetzung bedingen.

Diese Internationale Norm enthält Beispiele für derzeit verwendeten Messgeräte, die im Handel erhältlich und für die Erdgasindustrie von Interesse sind.

ANMERKUNG Es wird auf die Anforderungen an die Zulassung durch nationale Behörden und auf nationale Bestimmungen zum Gebrauch dieser Geräte für kommerzielle und amtliche Handelszwecke verwiesen.

Die Dichte bei Referenzbedingungen (manchmal Norm-, Standard- oder sogar Basisdichte genannt) wird für die Umrechnung von Volumendaten benötigt und kann für andere physikalische Eigenschaften verwendet werden.

Die Dichte bei Betriebsbedingungen wird für die Messung des Massendurchflusses (-stroms) und für die Volumenumrechnung mit der in der Leitung bestimmten Dichte gemessen und kann für andere physikalische Eigenschaften verwendet werden. Diese Internationale Norm berücksichtigt Dichte(messwert)aufnehmer auf Grundlage von Schwingelementen, die normalerweise für Messbereiche von 5 kg/m^3 bis 250 kg/m^3 geeignet sind.

Die Druckmessung nutzt Differenzdruck-, Manometerdruck- und Absolutdruck-Messumformer. Berücksichtigt werden analoge und intelligente Messumformer (d. h. mikroprozessorgestützte Messgeräte) und die zugehörigen Absätze beziehen sich, sofern nicht anderweitig festgelegt, auf Differenzdruck-, Manometerdruck- und Absolutdruck-Messumformer ohne Unterscheidung.

Die Temperaturmessungen in Erdgas werden innerhalb des Bereichs der Bedingungen durchgeführt, unter denen der Transport und die Verteilung normalerweise erfolgen ($253 \text{ K} < T < 338 \text{ K}$). In diesem Anwendungsbereich werden im Allgemeinen Widerstandsthermometer (RTD, en: resistance thermometer detector) verwendet.

Der Kompressibilitätsfaktor (auch Kompressionsfaktor oder Realgasfaktor genannt und mit dem Formelzeichen Z bezeichnet) tritt insbesondere in Gleichungen auf, die die Volumenmessung betreffen. Außerdem kann die Umrechnung des Volumens unter Messbedingungen in das Volumen unter festgelegten Referenzbedingungen mit einer genauen Kenntnis von Z sowohl unter relevanten Druck- als auch relevanten Temperaturbedingungen richtig ausgeführt werden.

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 2186, *Fluid flow in closed conduits — Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements*

ISO 5167-1, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principals and requirements*

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

ISO 10715, *Natural gas — Sampling guidelines*

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

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres — Part 0: Equipment — General requirements*

IEC 60079-1, *Explosive atmospheres — Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures “d”*
IEC 60079-11, *Explosive atmospheres — Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i”*
IEC 60079-14, *Explosive atmospheres — Part 14: Electrical installations design, selection and erection*
IEC/TR 60079-15, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 15: Construction, test and marking of type of protection ‘n’ electrical apparatus*
IEC 60381-1, *Analogue signals for process control systems — Part 1: Direct current signals*
IEC 60381-2, *Analogue signals for process control systems — Part 2: Direct voltage signals*
IEC 60751, *Industrial platinum resistance thermometer sensors*
IEC 60770-1, *Transmitters for use in industrial-process control systems — Part 1: Methods for performance evaluation*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe bezüglich Dichte bei Referenzbedingungen

3.1.1

Dichte bei Referenzbedingungen

Quotient aus der Masse des Gases und dessen Volumen bei festgelegten Referenzbedingungen von Druck und Temperatur

3.1.2

relative Dichte bei Referenzbedingungen

Quotient aus der Masse des Gases, das in einem willkürlich gewählten Volumen enthalten ist, und der Masse trockener Luft von Standardzusammensetzung nach ISO 6976, die in demselben Volumen unter denselben Referenzbedingungen für Druck und Temperatur enthalten sein würde

3.2 Begriffe bezüglich Dichte bei Betriebsbedingungen

3.2.1

Dichte

Quotient aus der Masse des Gases und dessen Volumen bei Betriebsbedingungen von Druck und Temperatur (Betriebs- und Referenzbedingungen)

3.2.2

Schwingelement-Dichte(messwert)aufnehmer

Gerät, das ein bei seiner Eigenfrequenz gehaltenes Schwingelement enthält und so gebaut ist, dass das Element Gas enthält oder von diesem umgeben ist, wodurch Gas und Schwingelement ein System bilden, in dem die Dichte des Gases die Haupteigenschaft des Gases ist, die die Eigenfrequenz des Elements bestimmt

ANMERKUNG Die Eigenfrequenz in erster Näherung wird durch die Gasdichte bestimmt.

3.2.3

Hauptkonstanten des Dichteaufnehmers

Konstanten, die in einer ersten Annäherung den Zusammenhang zwischen der Eigenfrequenz des Schwingelements und der Dichte des Gases definieren

3.2.4

scheinbare Dichte

Dichte, wie sie von einem Schwingelement-Dichteaufnehmer aus seiner Schwingfrequenz durch Anwendung der Hauptkonstanten des Dichteaufnehmers bestimmt wird, bevor jegliche Korrektur bezüglich Temperatur, Druck und Zusammensetzung vorgenommen wird

3.2.5

Korrekturkonstanten des Dichteaufnehmers

für den Dichteaufnehmer geltende Konstanten zum Korrigieren der Abweichung zwischen den Kalibrierbedingungen, unter denen die Hauptkonstanten bestimmt wurden, und den Betriebsbedingungen

3.2.6

temperaturkorrigierte Dichte

scheinbare Dichte, die bezüglich der Differenz der Temperatur, der das Schwingelement in Betrieb ausgesetzt ist, und der Temperatur, bei der der Dichteaufnehmer kalibriert wurde, korrigiert wurde

3.2.7

zusammensetzungskorrigierte Dichte

temperaturkorrigierte Dichte, die bezüglich der Differenz in den Gaseigenschaften zwischen dem Gas, dem das Schwingelement in Betrieb ausgesetzt ist, und dem für die Kalibrierung verwendeten Gas korrigiert wurde

ANMERKUNG Normalerweise ist die für diesen Zweck relevante Gaseigenschaft die Schallgeschwindigkeit, weshalb dieser Begriff oft auch schallgeschwindigkeitskorrigierte Dichte genannt wird.

3.2.8

Leitungsdichte

zusammensetzungskorrigierte Dichte, die bezüglich der Differenz in den Betriebsbedingungen, z. B. Druck und Temperatur, denen das Schwingelement in Betrieb ausgesetzt ist, und den Betriebsbedingungen in der Leitung, in der die Dichte gemessen wird, korrigiert wurde

3.3 Begriffe bezüglich Druck

3.3.1

Druck-Messumformer

Gerät, das auf einen gemessenen Druck anspricht, um ein Normausgangssignal für die Übertragung zu erzeugen, das eine vorgeschriebene stetige (mathematische) Beziehung zum Wert des gemessenen Drucks hat

3.3.2

unterer Messbereichswert

LRV (en: lower range value)

kleinster Wert des Drucks, den ein Messumformer einstellungsbedingt messen kann

3.3.3

oberer Messbereichswert

URV (en: upper range value)

größter Wert des Drucks, den ein Messumformer einstellungsbedingt messen kann

3.3.4

Messspanne

algebraische Differenz zwischen oberem und unterem Messbereichswert

3.3.5

statischer Druck

Druck, der von einem Punktmessgerät, das mit einem Partikel des Fluids strömt, gemessen werden würde

3.3.6

statischer Absolutdruck

statischer Druck eines Fluids, gemessen in Bezug auf ein absolutes Vakuum

3.3.7

Manometerdruck

Differenz zwischen dem statischen Absolutdruck eines Fluids und dem Luftdruck am Ort und zur Zeit der Messung

3.4 Begriffe bezüglich Temperatur

3.4.1

Temperatur-Messumformer

Gerät, das auf eine gemessene Temperatur anspricht, um ein normalisiertes Ausgangssignal für die Übertragung zu erzeugen, das eine vorgeschriebene stetige (mathematische) Beziehung zum Wert der gemessenen Temperatur hat

3.5 Begriffe bezüglich Kompressibilitätsfaktor

3.5.1

Verfahren der kleinsten Quadrate

Verfahren zum Berechnen der Koeffizienten der Gleichung, wenn eine bestimmte Form der Gleichung für die Ausgleichsrechnung von Kurvendaten gewählt wird

ANMERKUNG Das Prinzip der kleinsten Quadrate ist die Minimierung der Summe der Quadrate von Abweichungen der Daten von der Kurve.

4 Formelzeichen und Einheiten

4.1 Formelzeichen und Indizes für die Dichte bei Referenzbedingungen

Formelzeichen	Größe	Einheit
k_Z	Quotient aus $Z(p, T)$ und Z_n	—
p	Absolutdruck	Pa
ρ	Dichte	kg/m ³
T	thermodynamische Temperatur	K
Z	Kompressibilitätsfaktor	—
Indizes		
A	Standardluft	
m	gemessenes Gas/Messkammer	
n	Referenzbedingungen	
r	Referenzkammer	

4.2 Formelzeichen und Indizes für die Dichte bei Betriebsbedingungen

Formelzeichen	Größe	Einheit
C	Schallgeschwindigkeit	m/s
C_c	Schallgeschwindigkeit in Kalibriergas	m/s
C_g	Schallgeschwindigkeit in Gas im Dichteaufnehmer	m/s
F	Frequenz	s ⁻¹
K_1, K_2, K_N^a	Konstanten des Dichteaufnehmers	b
ρ_r	scheinbare Dichte	kg/m ³
ρ_t	temperaturkorrigierte Dichte	kg/m ³
ρ_c	zusammensetzungskorrigierte Dichte	kg/m ³

ρ_L	Leitungsdichte	kg/m ³
T_c	Kalibriertemperatur	K
t_c	Kalibriertemperatur	°C
T_d	Temperatur im Dichteaufnehmer	K
T_L	Temperatur in der Rohrleitung	K
t_d	Temperatur im Dichteaufnehmer	°C
t_L	Temperatur in der Rohrleitung	°C
p_d	Druck im Dichteaufnehmer	Pa
p_L	Druck in der Rohrleitung	Pa

^a Die Anzahl an Konstanten (n) kann für die verschiedenen Arten Dichteaufnehmer schwanken. Den Herstellern ist es erlaubt, ein Benennungssystem für Konstanten zu verwenden, die von dem in dieser Internationalen Norm durchgängig verwendeten abweicht.

^b Die Einheit der verschiedenen Konstanten muss so sein, dass alle Terme in den Gleichungen (4) und (5) die Einheit kg/m³ haben.

Indizes

L	Pipeline oder Rohrleitung
d	Dichteaufnehmer

4.3 Formelzeichen und Indizes für den Kompressibilitätsfaktor

Formelzeichen	Größe	Einheit
V_1	Volumen des kleinen Gefäßes im Z-Messgerät	m ³
V_2	Volumen des großen Gefäßes im Z-Messgerät	m ³
V_3	Summe der Volumina V_1 und V_2	m ³
p_1	Leitungsdruck	Pa
p_2	Druck vor der Ausdehnung	Pa
p_3	Druck nach der Ausdehnung	Pa
Z_1	Kompressibilitätsfaktor bei den Bedingungen p_1 und T	—
Z_2	Kompressibilitätsfaktor bei den Bedingungen p_2 und T	—
Z_3	Kompressibilitätsfaktor bei den Bedingungen p_3 und T	—
k_V	Quotient aus den Volumina V_2 und V_1	—
$B_1(T), B_2(T)$	Koeffizienten des Polynoms des Kompressibilitätsfaktors als Funktion des Drucks	^a
T	Temperatur des Z-Messgeräts	K
t	Temperatur des Z-Messgeräts	°C
Z	Kompressibilitätsfaktor	—
k_Z	Quotient aus $Z(p, T)$ und Z_n	—
a, b	Koeffizienten in der Funktion für die Temperaturumrechnung	—
e, f, g	Koeffizienten in der Funktion für die Druckumrechnung	^b

^a Die Einheiten von $B(T)$ und $C(T)$ müssen so sein, dass alle resultierenden Terme in den Gleichungen (9) und (10) dimensionslos sind.

- ^b Die Einheiten von e , f und g müssen so sein, dass alle resultierenden Terme in der Gleichung (12) dimensionslos sind.

Indizes

i	Ausgangsbedingungen
f	Endbedingungen
n	Referenzbedingungen

5 Dichte bei Referenzbedingungen

5.1 Messprinzip

5.1.1 Allgemeines

Zum Messen der Dichte bei Referenzbedingungen werden zwei Grundprinzipien angewendet:

- a) direkte Messung, zum Beispiel Bestimmung der Auftriebskraft eines definierten Gasvolumens mit einem Waagesystem;
- b) indirekte Messung, zum Beispiel Bestimmung der Eigenfrequenz eines Schwingelements, die von der Dichte des Mediums, in dem das Element schwingt, beeinflusst wird.

5.1.2 Waagesystem

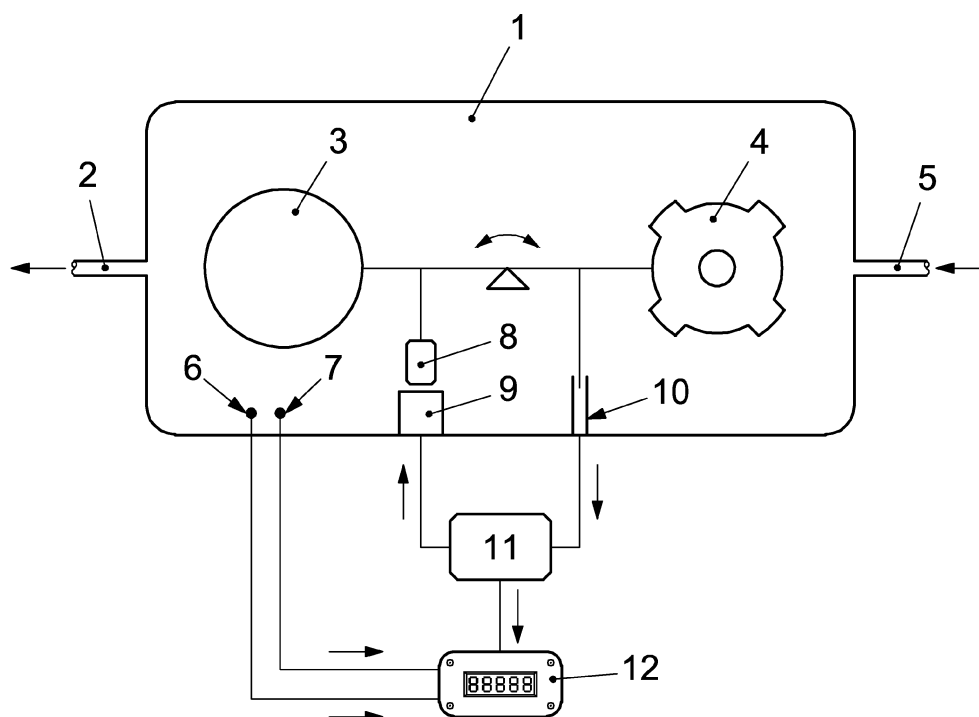
Die Apparatur misst die Auftriebskraft eines geschlossenen, gasgefüllten Glaskolbens in einer Gasatmosphäre, deren Dichte bei Referenzbedingungen bestimmt wird (siehe Bild 1).

Der Glaskolben wird an einen Waagebalken mit einem offenen Glaskolben als Gegengewicht angebracht. Dieses Waagesystem wird in einer Kammer angeordnet, durch die das geprüfte Gas geleitet wird. Als Maß für die Dichte kann entweder der Versatz des Waagebalkens oder die zum Kompensieren des Versatzes erforderliche Kraft gemessen werden.

Ein Korrektursystem kompensiert Temperatur- und Druckabweichungen der Messkammer.

5.1.3 Schwingelementensystem

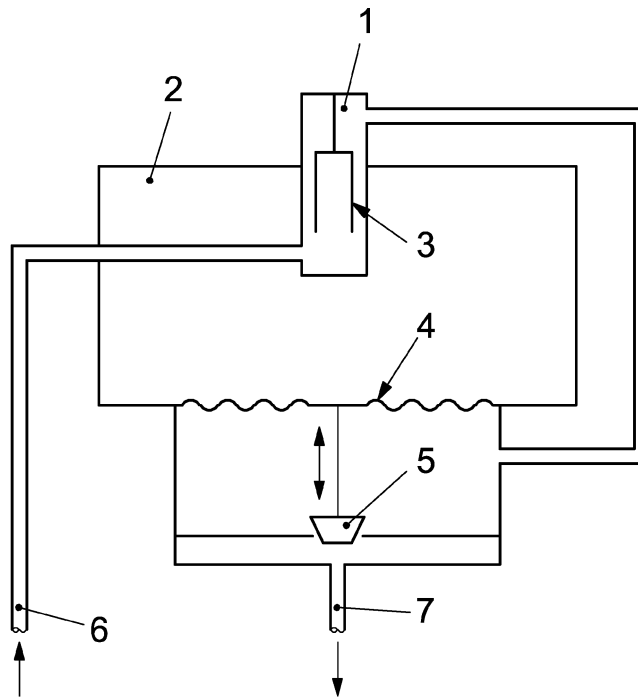
Es sind zwei verschiedene Systeme gebräuchlich. Jedes besteht aus zwei Kammern. Eine Kammer ist mit einem Referenzgas gefüllt, das dem zu messenden Gas ähnlich und von der Atmosphäre abgeschlossen ist. Das zu prüfende Gas wird kontinuierlich durch die andere Kammer geleitet. Ein Druckausgleicher stellt sicher, dass der Druck in der Messkammer gleich dem Druck in der Referenzkammer ist. Die Gehäuse der Systeme sind so gestaltet, dass beide Gaskammern die gleiche Temperatur haben (siehe Bilder 2 und 3).



Legende

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1 Messgerätegehäuse | 7 Temperaturfühler |
| 2 Gasauslass | 8 Magnet |
| 3 geschlossener Glasgaskolben | 9 Kompensationsspule |
| 4 offener Glasgaskolben | 10 Fotosensor |
| 5 Gaseinlass | 11 PID-Regler |
| 6 Druckfühler | 12 Anzeige |

Bild 1 — Gasdichte-Waagesystem



Legende

- 1 Messkammer
- 2 Referenzkammer
- 3 Schwingelement
- 4 Membran
- 5 Druckregelventil
- 6 Gaseinlass
- 7 Gasauslass

Bild 2 — Gasdensimeter mit einem Schwingelement