

Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase

Dichte und andere volumetrische Größen

DIN
1871

ICS 71.100.20; 75.160.30

Ersatz für
Ausgabe 1980-05

Gaseous fuels and other gases — Density and other volumetric quantities

Combustibles gazeux et autres gaz — Densité et autres grandeurs volumétriques

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuß NMP 622/FABERG „Anforderungen an und Prüfung von Brenngasen“ im Normenausschuß Materialprüfung (NMP) in Zusammenarbeit mit dem Fachausschuß Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP und den Normenausschüssen Bergbau (FABERG) und Gastechnik (NAGas) im DIN ausgearbeitet.

Die Festlegungen in dieser Norm zu Sachverhalten, die auch in der Internationalen Norm ISO 6976 : 1995 sowie in DIN 51857 behandelt werden, stimmen mit den Festlegungen in diesen Normen im wesentlichen überein.

Änderungen

Gegenüber Ausgabe Mai 1980 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme zusätzlicher Stoffe;
- b) Aufnahme zusätzlicher Stoffkenngrößen;
- c) Überarbeitung der Stoffdaten;
- d) Sachliche und redaktionelle Überarbeitung des Textes.

Frühere Ausgaben

DIN 1871: 1936-08, 1961-08, 1978-02, 1980-05

Fortsetzung Seite 2 bis 24

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Fachausschuß Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP
Normenausschuß Bergbau (FABERG) im DIN
Normenausschuß Gastechnik (NAGas) im DIN

1 Anwendungsbereich

Bei technischen Anwendungen werden Gasportionen (siehe DIN 32629) teils als Volumen, teils als Masse oder Stoffmenge gemessen. Zum Umrechnen zwischen Volumen und Masse einer Gasportion ist die Kenntnis der Dichte des Gases notwendig, zum Umrechnen zwischen Masse und Stoffmenge die molare Masse des Gases.

Diese Norm enthält Zahlenwerte der molaren Masse und der Normdichte für eine Auswahl von Gasen technischer Bedeutung. Weiterhin werden Zahlenwerte für eine Reihe anderer volumetrischer Größen für Gase im Normzustand angegeben:

- die relative Dichte, bezogen auf Luft;
- der Realgasfaktor;
- das molare Volumen.

Das Umrechnen eines Gasvolumens vom Normzustand auf andere Zustandsbedingungen (Druck und Temperatur) erfordert die Kenntnis der Druck- und Temperaturabhängigkeit der Dichte des Gases bzw. der anstelle der Dichte verwendeten volumetrischen Stoffgröße. In vielen Fällen genügt hierfür das Ideale Gasgesetz. Für Umrechnungen höherer Genauigkeitsansprüche im Temperaturbereich von 0°C bis 30°C und Drücke bis 2 bar werden Zahlenwerte der zweiten Virialkoeffizienten bei 0°C und 30°C angegeben.

Gasgemische können auch Anteile von Dämpfen enthalten. Für diesbezügliche Umrechnungen werden für eine Reihe von Dämpfen Zahlenwerte der molaren Masse und der Virialkoeffizienten angegeben.

In dieser Norm wird unterschieden zwischen „Gasen“ und „Dämpfen“. Ein Gas im Sinne dieser Norm ist ein reiner Stoff, dessen Siedetemperatur bei Normdruck kleiner ist als die Normtemperatur. Ein Dampf im Sinne dieser Norm ist ein reiner Stoff, dessen Siedetemperatur bei Normdruck größer oder gleich der Normtemperatur ist.

Feuchte Gase werden in dieser Norm als Gasgemische aus dem jeweiligen Gas und Wasserdampf behandelt.

2 Normative Verweisungen

Diese 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 Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 1306

Dichte — Begriffe, Angaben

DIN 1343

Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen — Begriffe und Werte

DIN 32629

Stoffportion — Begriff, Kennzeichnung

DIN 51857

Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase — Berechnung von Brennwert, Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex von Gasen und Gasgemischen

DIN 51896-1

Gasanalyse — Zusammensetzungsgrößen, Realgasfaktor — Teil 1: Grundlagen

DIN 51896-2

Gasanalyse — Zusammensetzungsgrößen, Realgasfaktor — Teil 2: Anwendung

ISO 6976 : 1995

Natural gas — Calculation of calorific value, density, relative density and Wobbe index from composition

- [1] R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, „The Properties of Gases and Liquids“, 4th Ed., New York: McGraw-Hill, 1987
- [2] Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.): Gas-Atlas, Schriftenreihe Gefährliche Arbeitsstoffe — GA 32, Dortmund 1989 (ISBN-Nr 388314-928-4), zu beziehen bei: Wirtschaftsverlag NW, Postfach 10 11 10, 27511 Bremerhaven
- [3] Unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse der Messer Griesheim GmbH, Duisburg (Dr. D. Baumer, Dr. E. Riedel)
- [4] Kay, W. B.: Ind. Chem. Eng. 28, 1014 — 1019 (1936)

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1

Normzustand

(eines Gases)

Der Normzustand eines Gases ist der durch die Normtemperatur $T_n = 273,15 \text{ K}$ ($t_n = 0^\circ\text{C}$) und den Normdruck $p_n = 101,325 \text{ kPa}$ ($p_n = 1,013 25 \text{ bar}$) festgelegte Bezugszustand (siehe auch DIN 1343).

3.2

Dichte

(eines Gases)

Die Dichte $\rho(p, T)$ eines Gases ist der Quotient aus der Masse der Gasportion und ihrem Volumen bei dem Druck p und der Temperatur T (siehe auch DIN 1306).

3.2.1 Normdichte

(eines Gases)

Die Normdichte ρ_n eines Gases ist seine Dichte im Normzustand (siehe 3.1).

3.3

Relative Dichte

(eines Gases)

Die relative Dichte $d(p, T)$ eines Gases ist der Quotient aus der Dichte des Gases und der Dichte trockener Luft (siehe Anhang A) bei gleichem Druck p und gleicher Temperatur T (siehe auch DIN 1306).

ANMERKUNG: Die relative Dichte eines Gases hängt weitaus schwächer von Druck und Temperatur ab als seine Dichte.

3.3.1 Relative Normdichte

(eines Gases)

Die relative Normdichte d_n eines Gases ist der Quotient aus der Normdichte des Gases und der Normdichte trockener Luft (siehe Anhang A).

3.4

Molares Volumen

(eines Gases)

Das molare Volumen $V_m(p, T)$ eines Gases ist der Quotient aus dem Volumen der Gasportion bei dem Druck p und der Temperatur T und ihrer Stoffmenge.

Der Kehrwert des molaren Volumens wird als molare Dichte $\rho_m(p, T)$ bezeichnet.

3.4.1 Molares Normvolumen

(eines Gases)

Das molare Normvolumen V_{mn} eines Gases ist sein molares Volumen im Normzustand (siehe 3.1).

3.5

Molare Masse

(eines Gases)

Die molare Masse M eines Gases ist der Quotient aus der Masse der Gasportion und ihrer Stoffmenge.

3.6

Realgasfaktor

(eines Gases)

Der Realgasfaktor $Z(p, T)$ eines Gases ist der Quotient aus dem molaren Volumen des Gases und dem molaren Volumen des Idealen Gases bei gleichem Druck p und gleicher Temperatur T .

Eine äquivalente Definition des Realgasfaktors ist durch Gleichung (1) gegeben.

$$p \cdot V_m(p, T) = Z(p, T) \cdot R \cdot T \quad (1)$$

Dabei ist:

p	(absoluter) Druck des Gases;
$V_m(p, T)$	molares Volumen des Gases bei dem Druck p und der Temperatur T ;
R	universelle (molare) Gaskonstante mit $R = 8,314\,510\,\text{kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$;
T	thermodynamische (absolute) Temperatur des Gases.

Für den Realgasfaktor eines Gases im Normzustand, $Z(p_n, T_n)$, wird das Formelzeichen Z_n verwendet.

ANMERKUNG: Für das „Ideale Gas“ gilt unabhängig von Druck und Temperatur $Z = 1$. Für reale Gase mit Ausnahme von Wasserstoff, Helium und Neon ist bei den hier betrachteten Drücken und Temperaturen $Z < 1$. Für Drücke bis 2 bar und Temperaturen von 0 °C bis 30 °C beträgt die Größenordnung der Differenz $(1 - Z)$ für die in dieser Norm aufgeführten Gase $-1 \cdot 10^{-3}$ bis $+1 \cdot 10^{-1}$.

3.7

Virialkoeffizienten

Virialkoeffizienten sind die Koeffizienten in der Reihenentwicklung des Realgasfaktors nach Potenzen einer Zustandsgröße. In der Praxis sind zwei verschiedene Reihenentwicklungen gebräuchlich: Zum einen nach positiven Potenzen des Druckes, zum anderen nach positiven Potenzen der (molaren) Dichte bzw. negativen Potenzen des molaren Volumens.

3.7.1 Zweiter Koeffizient eines Gases; Dichte-Virialkoeffizient eines Gases

$$B(T)$$

Koeffizient der ersten Potenz der molaren Dichte ρ_m (siehe 3.4) in der Reihenentwicklung des Realgasfaktors des Gases nach positiven Potenzen der molaren Dichte bzw. nach negativen Potenzen des molaren Volumens nach Gleichung (2).

$$Z(p, T) = 1 + B(T) \cdot \rho_m + C(T) \cdot \rho_m^2 + \dots \quad (2)$$

3.7.2 Zweiter Virialkoeffizient eines Gases; Druck-Virialkoeffizient eines Gases

$$B'(T)$$

Koeffizient der ersten Potenz des Druckes p in der Reihenentwicklung des Realgasfaktors des Gases nach positiven Potenzen des Druckes nach Gleichung (3).

$$Z(p, T) = 1 + B'(T) \cdot p_m + C'(T) \cdot p^2 + \dots \quad (3)$$

Bei den in den Abschnitten 6 und 8 behandelten Rechenverfahren werden ausschließlich Druck-Virialkoeffizienten $B'(T)$ verwendet. Die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen volumetrischen Stoffdaten wurden jedoch größtenteils aus Literaturdaten über Dichte-Virialkoeffizienten $B(T)$ berechnet. Deshalb werden in dieser Norm zusätzlich die entsprechenden Dichte-Virialkoeffizienten als Basisdaten angegeben. Einzelheiten zur Berechnung von Druck-Virialkoeffizienten aus Dichte-Virialkoeffizienten sind in Gleichung (B.3) dargestellt.

ANMERKUNG: In der letzten Ausgabe der Norm DIN 1871 : 1980-05 und einigen weiteren Deutschen Normen werden die Formelzeichen B und B' mit umgekehrter Bedeutung verwendet. Die Festlegung in dieser Norm entspricht der allgemeinen Verwendung dieser Formelzeichen.

4 Formelzeichen

Tabelle 1

Symbol	Benennung	Einheit
p	Druck	bar
T	Temperatur	K
t	Celsiustemperatur	°C
ϱ	Dichte	kg/m³
d	relative Dichte	1
Z	Realgasfaktor	1
V_m	molares Volumen	m³/kmol
ϱ_m	molare Dichte	kmol/m³
B	zweiter Dichte-Virialkoeffizient	cm³/mol
B'	zweiter Druck-Virialkoeffizient	1/kbar
R	universelle (molare) Gaskonstante, 8,314 510	kJ/(kmol · K)
M	molare Masse	kg/kmol
x	Stoffmengenanteil	1
i	Laufzahl/Index für die Bestandteile eines Gasgemisches	–
N	Anzahl der Bestandteile eines Gasgemisches	–
n	Index für den Normzustand	–
k	Index für kritische Größen von Gasen	–
pk	Index für pseudokritische Größen von Gasgemischen	–
d	Index für Daten auf der Dampfdruckkurve von Gasen	–
t	Index für Daten auf der Taukurve von Gasgemischen	–
G	Index für Gasgemisch	–

5 Beziehungen zwischen den volumetrischen Größen

Die in dieser Norm behandelten volumetrischen Stoffgrößen ϱ , d , Z und V_m sind sämtlich voneinander abhängig. Ist für ein gegebenes Gas bei dem Druck p und der Temperatur T der Wert einer dieser Größen bekannt, so lassen sich daraus die Werte aller anderen Größen bei denselben Zustandsbedingungen mittels der im folgenden angegebenen exakt gültigen Gleichungen (4), (5) und (6) berechnen.

$$V_m(p, T) = Z(p, T) \cdot \frac{R \cdot T}{p} \tag{4}$$

$$\varrho(p, T) = \frac{M}{V_m(p, T)} \tag{5}$$

$$d(p, T) = \frac{\varrho(p, T)}{\varrho_L(p, T)} \tag{6}$$

Gleichung (4) ist die umgestellte Zustandsgleichung (siehe Gleichung (1)) eines realen Gases. Die Gleichungen (5) und (6) geben die Definitionen der Größen ϱ bzw. d wieder.

In Gleichung (6) ist:

$\varrho_L(p, T)$ Dichte trockener Luft (siehe Anhang A) bei dem Druck p und der Temperatur T .

6 Umrechnung volumetrischer Größen auf andere Zustandsbedingungen

Bei Zustandsbedingungen, bei denen die Dichte $\varrho(p, T)$ nicht mehr als die Hälfte der kritischen Dichte beträgt, kann die Virialentwicklung des Realgasfaktors eines Gases nach der ersten Potenz abgebrochen werden (siehe [1]). Es gilt dann näherungsweise die Gleichung (7).

$$Z(p, T) = 1 + B'(T) \cdot p \tag{7}$$

Hierbei kann für Temperaturen zwischen 0 °C und 30 °C der Wert des zweiten Virialkoeffizienten $B'(T)$ durch lineare Interpolation zwischen den in Tabelle 3 angegebenen Werten B'_0 bei 0 °C und B'_{30} bei 30 °C entsprechend Gleichung (8) ermittelt werden.

$$B(T) = B'_0 + (B'_{30} - B'_0) \cdot (t/30 \text{ °C}) \tag{8}$$

In dieser Gleichung ist $t = T - T_n$ die T entsprechende Celsius-Temperatur.

Mittels Gleichung (7) lassen sich Dichten und Volumina zwischen zwei gegebenen Zuständen (p_1, T_1) und (p_2, T_2) bzw. zwischen dem Normzustand (p_n, T_n) und einem anderen Zustand (p, T) umrechnen, wie an den beiden folgenden Gleichungen (9) und (10) beispielhaft dargestellt.

$$\rho_n = \rho(p, T) \cdot \frac{T \cdot p_n}{T_n \cdot p} \cdot \frac{Z(p, T)}{Z_n} \quad (9)$$

$$V_m(p_1, T_1) = V_m(p_2, T_2) \cdot \frac{T_1 \cdot p_2}{T_2 \cdot p_1} \cdot \frac{Z(p_1, T_1)}{Z(p_2, T_2)} \quad (10)$$

Mit $Z=1$ gehen die Gleichungen (9) und (10) in die entsprechenden Umrechnungsformeln für das Ideale Gas über, die bei geringeren Genauigkeitsansprüchen verwendet werden können.

Die in diesem Abschnitt behandelten Rechenverfahren beinhalten Näherungen. Deshalb sind nach diesen Verfahren durchgeführte Umrechnungen zwischen verschiedenen Zustandsbedingungen mit einer zusätzlichen Unsicherheit behaftet. Für Drücke zwischen 0,7 bar und 2 bar und Temperaturen zwischen 0°C und 30°C kann diese Unsicherheit bei Stoffen, die in diesem Zustandsbereich gasförmig vorliegen, im allgemeinen mit etwa 0,2 % veranschlagt werden. In Einzelfällen, z. B. bei Zustandsbedingungen in unmittelbarer Nähe des Kondensationsgebietes eines Stoffes, können diese Näherungen erheblich größere Abweichungen verursachen. In D.1 wird eine eingehendere Fehlerbetrachtung durchgeführt.

7 Behandlung von Gasgemischen

Die Gleichungen (7) bis (10) für die Umrechnung volumetrischer Größen sind auch für Gasgemische, die bei den betrachteten Zustandsbedingungen gasförmig vorliegen, anwendbar. Im folgenden werden die hierbei erforderlichen Voraussetzungen angegeben. Verfahren zur Prüfung dieser Voraussetzungen und die hierfür benötigten Kenngrößen werden in Anhang D behandelt.

Ein Gasgemisch liegt bei dem Druck p und der Temperatur T gasförmig vor, wenn sein Taudruck bei der Temperatur T größer ist als der Druck p . Dieser Taudruck kann nach dem in D.2 behandelten Verfahren abgeschätzt werden.

Die in Abschnitt 6 behandelten Umrechnungsverfahren beruhen auf der abgebrochenen Virialentwicklung des Realgasfaktors nach Gleichung (7). Bei reinen Gasen ist diese Näherung für solche Zustandsbedingungen (p, T) akzeptabel, bei denen die Dichte nicht mehr als die Hälfte der kritischen Dichte beträgt. Die entsprechende Bedingung für Gasgemische lautet wie folgt: Das auf das pseudokritische Volumen reduzierte molare Volumen des Gasgemisches muß mindestens 2 betragen (siehe [1]). Dieses reduzierte molare Volumen kann nach dem in D.3 behandelten Verfahren abgeschätzt werden.

Für Umrechnungen volumetrischer Größen von Gasgemischen nach den Gleichungen (7) bis (10) wird der Virialkoeffizient des jeweiligen Gasgemisches benötigt. Näherungsverfahren zur Berechnung von Virialkoeffizienten für Gasgemische werden in Abschnitt 8 behandelt.

Die Berechnung volumetrischer Größen von Gasgemischen wird in DIN 51896-1 und DIN 51896-2 behandelt.

8 Berechnung des zweiten Virialkoeffizienten für Gasgemische

Ist die Zusammensetzung eines Gasgemisches G in Stoffmengenanteilen x_i der Bestandteile i ($i = 1, 2, \dots, N$) bekannt, so kann der zweite Virialkoeffizient $B'_G(T)$ des Gasgemisches G näherungsweise aus den zweiten Virialkoeffizienten $B'_i(T)$ der Bestandteile i berechnet werden. Hierfür sind die beiden „Mischungsregeln“ nach Gleichung (11) bzw. Gleichung (12) gebräuchlich:

$$B'_G(T) = \sum_{i=1}^N x_i \cdot B'_i(T) \quad (11)$$

$$B'_G(T) = - \left[\sum_{i=1}^N x_i \cdot \sqrt{b'_i(T)} \right]^2 \quad (12)$$

In Gleichung (12) bedeutet:

$$\begin{aligned} \sqrt{b'_i(T)} &= \sqrt{B'_i(T)} & \text{für } B'_i(T) \geq 0 \\ \sqrt{b'_i(T)} &= -\sqrt{B'_i(T)} & \text{für } B'_i(T) < 0 \end{aligned}$$

Im Regelfall liefert die Rechnung nach Gleichung (12) genauere Ergebnisse als die Rechnung nach Gleichung (11). Deshalb sollte, von der folgenden Ausnahme abgesehen, die Mischungsregel nach Gleichung (12) verwendet werden.

Für Gasgemische mit mehr als 1 % Stoffmengenanteil Wasserstoff, Helium oder Neon sollte hingegen die Mischungsregel nach Gleichung (11) verwendet werden.

9 Stoffdaten

9.1 Allgemeines

In dieser Norm wird unterschieden zwischen „Basisdaten“ und „abgeleiteten Daten“. In einer Datensammlung sind die Basisdaten derjenige Datensatz, aus dem alle anderen Daten der Sammlung, die abgeleiteten Daten, mittels entsprechender Rechenverfahren gewonnen wurden. Die Quellen der Basisdaten und die Verfahren für die Berechnung der abgeleiteten Daten müssen so vollständig angegeben sein, daß die Rückführbarkeit sämtlicher Daten sichergestellt ist.

Bei der Auswahl der Basisdaten und der Rechenverfahren für die Ermittlung von abgeleiteten Daten stand die Übereinstimmung mit den Festlegungen in ISO 6976 : 1995 und DIN 51857 im Vordergrund. So wurden z. B. bei den in diesen Normen behandelten Stoffen, von begründeten Ausnahmen abgesehen, die Basisdaten direkt übernommen.

Bei der Auswahl der Stoffe wurde der Gas-Atlas [2] zugrunde gelegt.

Zahlenrechnungen wurden mit voller Stellenanzahl ohne Rundung von Zwischenergebnissen durchgeführt.

Diese Norm enthält in 9.2 und 9.3 zwei Stoffdatensammlungen, Tabelle 2 und Tabelle 3. Festlegung und Herkunft der Basisdaten (Tabelle 2: M , Z_n ; Tabelle 3: M , B_0 , B_{30}) sowie der Verfahren für die Berechnung der abgeleiteten Daten werden in Anhang B behandelt. Die Quellenangaben zu den Tabellen 2 und 3 sind in Anhang C zusammengestellt.

9.2 Stoffdaten für Gase im Normzustand

Tabelle 2: Stoffdaten für Gase im Normzustand

Nr	Stoffname	Summenformel	molare Masse M kg/kmol	Realgasfaktor im Normzustand Z_n	Normdichte ρ_n kg/m ³	relative Normdichte d_n	molares Normvolumen $V_{n,m}$ m ³ /kmol	Quelle siehe
1	Acetylen (Ethin)	C ₂ H ₂	26,038	0,991	1,177 2	0,906 6	22,212	Tabelle 3
2	Ammoniak	NH ₃	17,031	0,985	0,771 4	0,596 6	22,078	Tabelle 3
3	Argon	Ar	39,948	0,999 0	1,784 1	1,379 9	22,392	Tabelle 3
4	Arsin	AsH ₃	77,945	0,988	3,519 8	2,722 3	22,145	Tabelle 3
7	Bortrifluorid	BF ₃	67,806	0,994	3,043 4	2,353 9	22,280	Tabelle 3
8	Bromchlordifluormethan (R12B1)	CBrClF ₂	165,365	0,966	7,637 4	5,907 1	21,652	Tabelle 3
10	Bromtrifluormethan (R13B1)	CBrF ₃	148,910	0,982	6,765 4	5,232 6	22,011	Tabelle 3
11	Bromwasserstoff	HBr	80,912	0,990 3	3,645 2	2,819 4	22,197	Tabelle 3
13	1,3-Butadien	C ₄ H ₆	54,092	0,966	2,498 2	1,932 2	21,652	ISO 6976 : 1995
14	<i>n</i> -Butan	C ₄ H ₁₀	58,123	0,957 2	2,709 1	2,095 3	21,455	Tabelle 3
15	1-Buten	C ₄ H ₈	56,108	0,965	2,594 0	2,006 3	21,630	ISO 6976 : 1995
20	Carbonylfluorid	COF ₂	66,007	0,992	2,968 6	2,296 1	22,235	Tabelle 3
21	Carbonylsulfid	COS	60,076	0,985	2,721 1	2,104 6	22,078	ISO 6976 : 1995
22	Chlor	Cl ₂	70,905	0,984 0	3,214 9	2,486 5	22,055	Tabelle 3
24	Chlordifluormethan (R22)	CHClF ₂	86,468	0,980 6	3,934 1	3,042 8	21,979	Tabelle 3
25	1-Chlor-1,1-difluorethan (R142b)	C ₂ H ₃ ClF ₂	100,495	0,949 7	4,721 0	3,651 5	21,287	Tabelle 3
27	Chlormethan	CH ₃ Cl	50,488	0,976 6	2,306 5	1,783 9	21,890	Tabelle 3
28	Chlorpentafluorethan (R115)	C ₂ ClF ₅	154,467	0,977 2	7,052 3	5,454 5	21,903	Tabelle 3
29	Chlorpentafluorid	ClF ₅	130,445	0,972 1	5,986 8	4,630 4	21,789	Tabelle 3

(fortgesetzt)

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Nr	Stoffname	Summenformel	molare Masse M kg/kmol	Realgasfaktor im Normzustand Z_n	Normdichte ρ_n , kg/m ³	relative Normdichte d_n	molares Normvolumen V_{mn} m ³ /kmol	Quelle
30	1-Chlor-1,1,2,2-tetrafluorethan (R124a)	C ₂ HClF ₄	136,476	0,963	6,322 8	4,890 3	21,585	Tabelle 3
31	Chlortrifluorethen (R113)	C ₂ ClF ₃	116,470	0,974	5,335 0	4,126 3	21,831	Tabelle 3
33	Chlortrifluormethan (R13)	CClF ₃	104,459	0,987 8	4,718 0	3,649 1	22,141	Tabelle 3
34	Chlorwasserstoff	HCl	36,461	0,990 5	1,642 3	1,270 2	22,201	Tabelle 3
39	Cyclopropan	C ₃ H ₆	42,081	0,978 6	1,918 5	1,483 8	21,934	Tabelle 3
41	Deuterium	D ₂	4,028	1,000 6	0,179 6	0,138 9	22,428	Tabelle 3
42	Diboran	B ₂ H ₆	27,670	0,990	1,246 9	0,964 4	22,190	Tabelle 3
43	Dichlordifluormethan (R12)	CCl ₂ F ₂	120,913	0,972 2	5,548 8	4,291 6	21,791	Tabelle 3
47	Dicyan	C ₂ N ₂	52,035	0,976	2,378 6	1,839 7	21,876	Tabelle 3
48	1,1-Difluorethan (R152a)	C ₂ H ₄ F ₂	66,051	0,969 0	3,041 1	2,352 1	21,719	Tabelle 3
49	1,1-Difluorethen (R1132a)	C ₂ H ₂ F ₂	64,035	0,989	2,885 8	2,232 0	22,190	Tabelle 3
53	Dimethylether	C ₂ H ₆ O	46,069	0,972	2,114 6	1,635 5	21,787	Tabelle 3
54	Disilan	Si ₂ H ₆	62,219	0,974	2,850 0	2,204 3	21,831	Tabelle 3
55	Distickstoffoxid	N ₂ O	44,013	0,992 7	1,978 1	1,529 9	22,250	Tabelle 3
56	Ethan	C ₂ H ₆	30,070	0,990 0	1,355 1	1,048 1	22,190	Tabelle 3
57	Ethen	C ₂ H ₄	28,054	0,992 5	1,261 1	0,975 4	22,246	Tabelle 3
64	Fluor	F ₂	37,997	0,999 3	1,696 4	1,312 1	22,398	Tabelle 3
65	Fluorethan	C ₂ H ₅ F	48,060	0,980	2,187 9	1,692 2	21,966	Tabelle 3

(fortgesetzt)

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Nr	Stoffname	Summenformel	molare Masse M kg/kmol	Realgasfaktor im Normzustand Z_n	Normdichte ρ_n , kg/m ³	relative Normdichte d_n	molares Normvolumen V_{nn} m ³ /kmol	Quelle siehe
66	Fluormethan	CH ₃ F	34,033	0,988 1	1,536 7	1,188 5	22,147	Tabelle 3
68	Germaniumwasserstoff	GeH ₄	76,642	0,990 8	3,451 1	2,669 2	22,208	Tabelle 3
69	Helium	He	4,003	1,000 5	0,178 5	0,138 0	22,425	Tabelle 3
70	1-H-Heptafluorpropan (R227)	C ₃ HF ₇	170,030	0,958	7,918 4	6,124 4	21,473	ISO 6976 : 1995
72	Hexafluorethan (R116)	C ₂ F ₆	138,012	0,985 6	6,247 4	4,832 0	22,091	Tabelle 3
73	Hexafluorpropan (R1 216)	C ₃ F ₆	150,023	0,968	6,914 5	5,348 0	21,697	Tabelle 3
75	Iodwasserstoff	HI	127,912	0,984 7	5,795 4	4,482 4	22,071	Tabelle 3
76	Isobutan	C ₄ H ₁₀	58,123	0,962	2,695 6	2,084 9	21,562	ISO 6976 : 1995
77	Isobuten	C ₄ H ₈	56,108	0,965	2,594 0	2,006 3	21,630	ISO 6976 : 1995
79	Kohlenstoffdioxid	CO ₂	44,010	0,993 3	1,976 7	1,528 9	22,264	Tabelle 3
80	Kohlenstoffmonooxid	CO	28,010	0,999 3	1,250 6	0,967 2	22,398	Tabelle 3
81	Krypton	Kr	83,800	0,997 2	3,749 1	2,899 7	22,352	Tabelle 3
82	Luft	siehe Anhang A	28,963	0,999 4	1,292 9	1,000 0	22,401	Tabelle 3
83	Methan	CH ₄	16,043	0,997 6	0,717 5	0,554 9	22,360	Tabelle 3
84	Methanol	CH ₄ O	32,042	0,824	1,734 4	1,341 5	18,474	Tabelle 3
85	Methylamin	CH ₅ N	31,057	0,968 9	1,430 1	1,106 1	21,717	Tabelle 3
92	Neon	Ne	20,180	1,000 5	0,899 9	0,696 0	22,425	ISO 6976 : 1995
94	Nitrosylchlorid	NOCl	65,459	0,979	2,983 1	2,307 2	21,943	Tabelle 3
96	Octafluor-2-buten	C ₄ F ₈	200,031	0,946	9,407 0	7,275 8	21,264	Tabelle 3

(fortgesetzt)