

Größen und Einheiten in der Chemie
Stoffmenge und davon abgeleitete Größen
 Begriffe und Definitionen

DIN
32 625

Quantities and units in chemistry; amount of substance and derived quantities; terms and definitions

Ersatz für Ausgabe 07.80

Die in dieser Norm enthaltenen englischen Benennungen sind nicht Bestandteil der Norm. Für ihre Richtigkeit wird keine Gewähr übernommen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Zweck	1	4 Stoffmengenkonzentration	3
2 Stoffmenge	1	5 Spezifische Partialstoffmenge	4
2.1 Die Stoffmenge und ihre Einheit	1	6 Molalität	4
2.2 Stoffmengenangaben	2	7 Titer	4
2.3 Die Stoffmenge von Äquivalenten	2	Zitierte Normen und andere Unterlagen	5
2.3.1 Das Äquivalentteilchen (Äquivalent)	2	Weitere Normen	5
2.3.2 Angabe der Stoffmenge von Äquivalenten	2	Erläuterungen	5
3 Molare Masse	3		

1 Zweck

Diese Norm legt die Bezeichnung und Anwendung von einigen gebräuchlichen Größen und Einheiten fest, die mit der Basisgröße Stoffmenge und deren SI-Basiseinheit Mol in Zusammenhang stehen.

2 Stoffmenge (amount of substance)

2.1 Die Stoffmenge und ihre Einheit

Mit der Basisgröße Stoffmenge n wird die Quantität einer Stoffportion oder der Portion eines ihrer Bestandteile auf der Grundlage der Anzahl der darin enthaltenen Teilchen bestimmter Art angegeben.

Die SI-Basiseinheit der Stoffmenge ist das Mol, Einheitenzeichen mol.

Anmerkung 1: Die Definition der Einheit Mol ist von der 14. Generalkonferenz für Maß und Gewicht festgelegt worden [1]. Die deutsche Übersetzung (siehe DIN 1301 Teil 1/12.85, Anhang A) ist die gesetzlich gültige Fassung (siehe [3a] und [3b]). Sie lautet:

Das Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensoviel Einzelteilchen besteht, wie Atome in 0,012 Kilogramm des Kohlenstoffnuklids ^{12}C enthalten sind. Bei Benutzung des Mol müssen die Einzelteilchen spezifiziert sein und können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen sowie andere Teilchen oder Gruppen solcher Teilchen genau angegebener Zusammensetzung sein.

Dabei bezieht man sich auf Atome von ^{12}C , die nicht verbunden sind, sich in Ruhe und im Grundzustand befinden.

Anmerkung 2: Die Stoffmenge ist als physikalische Größe eine Eigenschaft. Man kann sie angeben von

- einem abgegrenzten vollständigen System (Stoffportion eines Elementes, einer Verbindung);
- einem abgegrenzten Teilsystem (Portion eines Bestandteils einer Verbindung, einer Mischphase), z. B. Portion von gelösten Teilchen, Ionen, atomaren Baugruppen, Elektronen;
- einer Portion von Äquivalentteilchen (siehe Abschnitt 2.3).

Der Begriff Stoffportion bezeichnet hingegen einen sinnlich wahrnehmbaren Gegenstand selbst als Träger aller seiner Eigenschaften. Nur vollständige Systeme, nicht aber deren Bestandteile, sind Stoffportionen (vergleiche DIN 32 629/11.88, Abschnitt 2).

Anmerkung 3: Es gibt Stoffe, deren Quantität nicht durch die Größe Stoffmenge angegeben werden kann, weil die dafür notwendige Angabe einer Teilchenart, die der Stoffmengenangabe zugrunde gelegt werden könnte, nicht gemacht werden kann. Das trifft z. B. bei gewissen hochvernetzten Polymeren zu.

Anmerkung 4: Das früher verwendete „Val“ ist im Gesetz über Einheiten im Meßwesen [3] nicht enthalten und

Fortsetzung Seite 2 bis 10

Arbeitsausschuß Chemische Terminologie (AChT) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
 Normenausschuß Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DIN
 Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN
 Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN
 Normenausschuß Laborgeräte und Laboreinrichtungen (FNLa) im DIN

darf demzufolge im amtlichen und geschäftlichen Verkehr nicht verwendet werden. Es wird auch international [1] und [2] sowie in den Normen ISO 31/8 : 1980 und ISO 1000 : 1981 nicht mehr als Einheit betrachtet (siehe auch die Abschnitte 2.3.2 und 4).

2.2 Stoffmengenangaben

Stoffmengen werden für Berechnungen durch Größengleichungen angegeben. Dabei werden die Symbole der Teilchen (z. B. Atome, Moleküle, Ionen, Atomgruppen), die der Stoffmengenangabe zugrunde gelegt sind, nach IUPAC [2] in Klammern hinter das Formelzeichen n gesetzt.

Beispiele:

$$\begin{aligned} n_1(\text{S}) &= 28 \text{ mol} \\ n_1(\text{S}_8) &= 3,5 \text{ mol} \\ n_2(\text{Ca}^{2+}) &= 2 \text{ mmol} \\ n_3(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 0,5 \text{ mol} \\ n_4(\text{MnO}_4^-) &= 40 \text{ mol} \\ n_5(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) &= 5 \text{ mmol} \end{aligned}$$

Die Klammer wird gelesen: „von ...“, z. B. „ n_1 von S-Atomen“.

Ist eine Größengleichung nicht erforderlich, so können verbale Formulierungen verwendet werden, z. B. ausführlich „Die Stoffmenge n_1 der Schwefelportion 1 beträgt, wenn S_8 -Moleküle zugrunde gelegt werden, 3,5 mol“, oder kurz „Die S_8 -Stoffmenge der Schwefelportion 1 beträgt 3,5 mol“.

Anmerkung 1: Die vollständige und eindeutige Angabe einer Stoffmenge erfordert zwei Spezifizierungen:

- a) Das Symbol der zugrundegelegten Teilchen, das nur deren Qualität kennzeichnet, aber keine Information darüber enthält, zu welcher speziellen Portion eines Stoffes oder Bestandteiles die Angabe gehört, und

- b) eine Kennzeichnung, die die Angabe eindeutig einer bestimmten Stoffportion oder der Portion eines Bestandteils zuordnet.

In der vorliegenden Norm werden zur Unterscheidung verschiedener Portionen Zahlenindizes verwendet. Größenzeichen mit dem gleichen Zahlenindex beziehen sich auf dieselbe Portion (siehe auch DIN 32 629).

Anmerkung 2: Ein und derselben Portion eines Stoffes oder Stoffbestandteils können Stoffmengen mit verschiedenem Bezug zugeordnet werden, je nachdem, welche Teilchen zugrundegelegt werden. Dabei besteht Wahlfreiheit in Bezug auf die geeigneten Teilchen. Die Stoffmenge der Schwefelportion 1 ist im ersten Beispiel für S-Atome, im zweiten Beispiel für S_8 -Moleküle angegeben.

Es gilt: $n_1(\text{S}) = 8 \cdot n_1(\text{S}_8)$

2.3 Die Stoffmenge von Äquivalenten

2.3.1 Das Äquivalentteilchen (equivalent entity)

Für eine Stoffmengenangabe kann auch das Äquivalentteilchen als „Einzelteilchen“ im Sinne der Definition des Mol (siehe Abschnitt 2.1, Anmerkung 1) zugrunde gelegt werden, insbesondere wenn die Stoffmengenangabe sich auf Ionen oder auf Reaktionspartner von Neutralisations- oder Redoxreaktionen bezieht.

Das Äquivalentteilchen, in dieser Norm auch kurz Äquivalent genannt, ist der gedachte Bruchteil $\frac{1}{z^*}$ eines Teilchens X, wobei X ein Atom, Molekül, Ion oder eine Atomgruppe sein kann und z^* eine ganze Zahl ist, die sich aus der Ionenladung oder aufgrund einer definierten Reaktion (Äquivalentbeziehung) ergibt (siehe Erläuterungen).

Für die symbolische Darstellung von Äquivalentteilchen wird der Bruch $\frac{1}{z^*}$ vor das Symbol des Teilchens X gesetzt.

Beispiele:

$$\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}, \frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4, \frac{1}{5}\text{KMnO}_4, \frac{1}{3}\text{KMnO}_4$$

z^* ist die Anzahl der Äquivalente je Teilchen X, sie wird in dieser Norm auch Äquivalentzahl genannt. Ist $z^* = 1$, so ist das Äquivalent mit dem Teilchen X identisch, z. B.

$$\frac{1}{1}\text{HCl} = \text{HCl}.$$

Anmerkung 1: Das Äquivalentteilchen $\frac{1}{z^*}\text{X}$ als gedachter

Bruchteil des Teilchens X hat nur die formale Bedeutung, eine stöchiometrische Beziehung auszudrücken, in ähnlicher Weise, wie in Reaktionsgleichungen z. B. $\frac{1}{2}\text{O}_2$ gebraucht wird. Die qualitativen Eigenschaften bleiben unverändert, d. h. mit der „Teilung“ ist keine materielle Zerlegung gemeint.

Anmerkung 2: Es können u. a. folgende Arten von Äquivalenten unterschieden werden (siehe Erläuterungen):

- a) Ionenäquivalent

Beim Ionenäquivalent ist die Äquivalentzahl z^* gleich dem Betrag $|z|$ der Ladungszahl z des Ions (siehe DIN 1304, DIN 4896 und DIN 32 640).

- b) Neutralisationsäquivalent

Beim Neutralisationsäquivalent ist die Äquivalentzahl z^* des Teilchens gleich der Anzahl der H^+ -Ionen oder OH^- -Ionen, die das Teilchen bei einer bestimmten Neutralisationsreaktion bindet oder abgibt.

- c) Redoxäquivalent

Für das Teilchen X in einer bestimmten Redoxreaktion ist die Äquivalentzahl z^* der Betrag der Differenz der Oxidationszahlen des Teilchens X – gegebenenfalls desjenigen Atoms darin, das seine Oxidationszahl ändert – vor und nach der Reaktion (siehe [2] und DIN 32 640).

2.3.2 Angabe der Stoffmenge von Äquivalenten

Die Stoffmenge von Äquivalenten $n\left(\frac{1}{z^*}\text{X}\right)$, kurz auch Äquivalent-Stoffmenge genannt, wird für Berechnungen durch eine Größengleichung angegeben. Dabei wird das Symbol des Äquivalents, auf das sich die Angabe bezieht, in Klammern hinter das Formelzeichen n gesetzt. Für die Bezeichnung $\frac{1}{z^*}\text{X}$ kann als allgemeine Kurzform eq gesetzt werden.

Beispiele:

$$\begin{aligned} n_2\left(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}\right) &= 4 \text{ mmol} \\ n_3\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) &= 1 \text{ mol} \\ n_4\left(\frac{1}{5}\text{MnO}_4^-\right) &= 200 \text{ mmol} \\ n_4\left(\frac{1}{3}\text{MnO}_4^-\right) &= 120 \text{ mmol} \\ n_5\left(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) &= 30 \text{ mmol} \\ n_6(\text{eq}^+) &= 2,5 \text{ mol} \end{aligned}$$

Ist eine Größengleichung nicht erforderlich, so können verbale Formulierungen verwendet werden, z. B. für das vierte der obigen Beispiele: Die Stoffmenge der Permanganat-Äquivalente $\frac{1}{3} \text{MnO}_4^-$ in der Lösungsportion 4 beträgt 120 mmol.

Verschiedene Äquivalente können auch zusammengefaßt werden, sofern ihre Art eindeutig gekennzeichnet wird, z. B. „Die Stoffmenge der Kationenäquivalente in der Ionenaustauscher-Portion 6 beträgt 2,5 mol.“

Zwischen der Stoffmenge $n(X)$ der Teilchen X in einem abgegrenzten System und der Stoffmenge $n\left(\frac{1}{z^*}X\right)$ seiner Äquivalentteilchen $\frac{1}{z^*}X$ besteht die Beziehung:

$$n\left(\frac{1}{z^*}X\right) = z^* \cdot n(X) \quad (1)$$

Anmerkung 1: Ein Beispiel für die Anwendung der Gleichung (1) befindet sich in den Erläuterungen.

Anmerkung 2: Beispiele in den Abschnitten 2.2 und 2.3.2, die den gleichen Zahlenindex tragen, gehören zur selben Stoffportion bzw. zum selben Teilsystem (Bestandteilsportion).

Anmerkung 3: Die Stoffmenge von Äquivalenten $n(\text{eq})$, die in der Einheit Mol angegeben wird, hat den gleichen Zahlenwert wie die frühere Angabe in Val (siehe Beispiele in den Erläuterungen).

3 Molare Masse (molar mass)

Die molare Masse M eines Stoffes oder eines Stoffbestandteiles, der aus den Teilchen X besteht, Formelzeichen $M(X)$, ist der Quotient aus der Masse m_i und der Stoffmenge $n_i(X)$ einer Portion i dieses Stoffes oder Stoffbestandteiles:

$$M(X) = \frac{m_i}{n_i(X)} \quad (2)$$

SI-Einheit: kg/mol übliche Einheit: g/mol

Die molare Masse ist also die auf die Stoffmenge bezogene Masse. Sie kennzeichnet einen Stoff oder einen Stoffbestandteil. Sie ist eine intensive Größe, also von der im Einzelfall betrachteten Quantität des Stoffes oder Bestandteiles unabhängig.

Bei der Angabe der molaren Masse eines Stoffes oder Stoffbestandteiles wird das Symbol für deren Teilchen X in Klammern hinter das Formelzeichen M gesetzt.

In den folgenden Beispielen werden Atome, Ionen, Moleküle, Elektronen und Äquivalente als Teilchenarten gewählt:

$M(\text{Ca})$	= 40,08	g/mol
$M(\text{H})$	= 1,0079	g/mol
$M(\text{H}^+)$	= 1,0074	g/mol
$M(\text{H}_2)$	= 2,0159	g/mol
$M(\text{e}^-)$	= 0,5486	mg/mol
$M\left(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}\right)$	= 20,04	g/mol
$M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$	= 49,040	g/mol
$M\left(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right)$	= 31,607	g/mol

Zwischen der molaren Masse $M(X)$ und der molaren Masse $M\left(\frac{1}{z^*}X\right)$ besteht wegen Gleichung (1) die Beziehung:

$$M\left(\frac{1}{z^*}X\right) = \frac{1}{z^*} \cdot M(X) \quad (3)$$

Anmerkung 1: Ein Beispiel für die Anwendung der Beziehung (3) befindet sich in den Erläuterungen.

Anmerkung 2: Nach IUPAC [2] ist „molar“ gleichbedeutend mit „stoffmengenbezogen“, d. h. eine Bezeichnung für Größenquotienten, bei denen im Nenner die Größe Stoffmenge steht.

Anmerkung 3: Die Angabe der molaren Masse als Größengleichung ist die kürzeste Schreibweise; es kann aber auch eine verbale Formulierung gewählt werden, z. B.: „Die molare Masse der Äquivalente $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$ beträgt 31,607 g/mol.“

4 Stoffmengenkonzentration

(amount-of-substance concentration)

Die Stoffmengenkonzentration c eines Bestandteiles einer Mischphase, der aus den Teilchen X besteht, Formelzeichen $c(X)$, ist der Quotient aus der Stoffmenge $n(X)$ einer Portion des Bestandteiles und dem zugehörigen Mischphasenvolumen V :

$$c(X) = \frac{n(X)}{V} \quad (4)$$

SI-Einheit: mol/m³ übliche Einheit: mol/l (mol/dm³)

Bei Verwendung des Größenzeichens c für eine bestimmte Stoffmengenkonzentration wird das Symbol des dabei zugrundegelegten Teilchens in Klammern hinter das Größenzeichen gesetzt, z. B. $c(\text{HCl})$ (siehe auch die Abschnitte 2.2 und 2.3).

Beispiele für die Angabe von Stoffmengenkonzentrationen in Lösungen mittels Größengleichungen:

$c_1(\text{Ca}^{2+})$	= 0,85	mmol/l
$c_1\left(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}\right)$	= 1,7	mmol/l
$c_2(\text{H}_2\text{SO}_4)$	= 0,05	mol/l
$c_2\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$	= 0,1	mol/l
$c_3(\text{KMnO}_4)$	= 0,02	mol/l
$c_3\left(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right)$	= 0,1	mol/l

Zu einer vollständigen Angabe gehört ferner die Angabe des Lösemittels und der Temperatur. Auf eine Angabe des Druckes kann bei flüssigen und festen Mischphasen im allgemeinen verzichtet werden (siehe DIN 32 629/11.88, Abschnitt 3, Beispiel b). Ist kein Lösemittel angegeben, so handelt es sich um eine wäßrige Lösung.

Ist eine Größengleichung nicht erforderlich, so werden Angaben in Kurzform empfohlen:

Beispiele:

HCl,	0,1	mol/l
Ca,	0,85	mmol/l
H ₂ SO ₄ ,	0,05	mol/l
$\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$,	0,1	mol/l

Diese Form der Kennzeichnung eignet sich auch zur Beschriftung von Gefäßen.

Bei Verwendung der Kurzform ist besonders darauf zu achten, daß durch ein Symbol oder eine Formel eindeutig festgelegt sein muß, auf welche Teilchen die Angabe bezogen ist. Hierbei wird angenommen, der gelöste Bestandteil liege