

DIN EN ISO 80000-1



ICS 01.060

Entwurf

Einsprüche bis 2022-04-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 80000-1:2013-08

**Größen und Einheiten –
Teil 1: Allgemeines (ISO/DIS 80000-1:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 80000-1:2022**

Quantities and units –
Part 1: General (ISO/DIS 80000-1:2022);
German and English version prEN ISO 80000-1:2022

Grandeurs et unités –
Partie 1: Généralités (ISO/DIS 80000-1:2022);
Version allemande et anglaise prEN ISO 80000-1:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-02-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an natg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 52 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 80000-1:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 12 „Quantities and units“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 000 „Sectors“ erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-01-01 AA „Grundlagen: Größen, Einheiten und Messtechnik“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 80000-1:2013-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Es wurde ein stärkerer Bezug zu den Konzepten und Begriffen des Internationalen Größensystems (ISQ) hergestellt, insbesondere hinsichtlich der kürzlich erfolgten grundlegenden Überarbeitung des Internationalen Einheitensystems (SI) und den vorgeschlagenen Änderungen am Internationalen Wörterbuch der Metrologie (VIM).
- b) In Übereinstimmung mit einem im Jahr 2020 gefassten Beschluss des ISO/TC 12 sind darüber hinaus in früheren Ausgaben dieses Dokuments enthaltene Abschnitte, die Inhalte aus anderen Quellen übernehmen (insbesondere Begriffe aus der Metrologie, die Beschreibung der SI-Einheiten und die Zusammenstellung der Naturkonstanten), weitgehend entfernt worden.

Größen und Einheiten – Teil 1: Allgemeines (ISO/DIS 80000-1:2022)

Quantities and units – Part 1: General (ISO/DIS 80000-1:2022)

Grandeurs et unités – Partie 1: Généralités (ISO/DIS 80000-1:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
0 Einleitung	5
0.1 Größen	5
0.2 Anordnung der Tabellen	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Größen	6
4.1 Der Größenbegriff	6
4.2 Größensystem — Basisgrößen und abgeleitete Größen	7
4.3 Universalkonstanten und empirische Konstanten	7
4.4 Konstante Faktoren in Größengleichungen	7
4.5 Internationales Größensystem, ISQ	8
5 Dimensionen	8
6 Einheiten	9
6.1 Einheiten und Zahlenwerte	9
6.2 Mathematische Operationen	10
6.3 Größengleichungen und Zahlenwertgleichungen	11
6.4 Kohärente Einheitensysteme	11
7 Schreibregeln	12
7.1 Formelzeichen für Größen	12
7.1.1 Allgemeines	12
7.1.2 Indizes	12
7.1.3 Verknüpfung von Formelzeichen für Größen	13
7.1.4 Angabe von Größenwerten	14
7.1.5 Angabe von Dimensionen	14
7.2 Zahlen	14
7.2.1 Allgemeines	14
7.2.2 Dezimalzeichen	15
7.2.3 Multiplikation und Division	16
7.2.4 Abweichung und Unsicherheit	16
7.3 Chemische Elemente und Nuklide	18
7.4 Griechisches Alphabet	18
Anhang A (normativ) Spezifische für Größen verwendete Benennungen	20
A.1 Allgemeines	20
A.2 Koeffizienten, Faktoren	20
A.3 Parameter, Zahlen, Verhältnisse	21
A.4 Konstanten	21
A.5 Benennungen für allgemeine Anwendung	22
Anhang B (normativ) Runden von Zahlen	24
Literaturhinweise	26

Tabellen

Tabelle 1 — Griechische Buchstaben	18
--	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 80000-1:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 12 „Quantities and units“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 000 „Sectors“ erarbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 80000-1:2013 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 80000-1:2022 wurde von CEN als prEN ISO 80000-1:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Regeln der ISO/IEC-Direktiven Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 12, *Quantities and units* in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee IEC/TC 25, *Quantities and units* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 80000-1:2009), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- stärkere Fokussierung auf die auf einem Größensystem basierenden Begriffe und die Terminologie besonders in der Folge der jüngsten grundlegenden Überarbeitung des Internationalen Einheitensystems (SI) und der vorgeschlagenen Überarbeitungen des Internationalen Wörterbuchs der Metrologie (VIM);
- gleichzeitig wurden Teile älterer Ausgaben dieser Norm, die hauptsächlich Inhalte anderer Quellen wiedergaben – besonders zum messtechnischen Vokabular, Beschreibungen der SI-Einheiten und Zusammenstellungen von grundlegenden Konstanten –, in Übereinstimmung mit einem CIB-Beschluss des ISO/TC 12 aus dem Jahr 2020 aus der vorliegenden Ausgabe im Wesentlichen gestrichen.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihen ISO 80000 und IEC 80000 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

0 Einleitung

0.1 Größen

Größensysteme, wie im ISO/IEC Guide 99 (VIM) definiert, können auf viele konsistente, aber dennoch unterschiedliche Arten und Weisen behandelt werden. Welches Verfahren anzuwenden ist, ist zum Teil eine Frage der Konvention.

Die hier verwendeten Größen (en: quantities) und Beziehungen zwischen den Größen sind diejenigen, deren Gebrauch in allen exakten Naturwissenschaften nahezu universell akzeptiert ist. Sie werden in der Mehrzahl der wissenschaftlichen Fachbücher vorgestellt und sind allen Wissenschaftlern und Technikern geläufig.

Die Anzahl an Größen und die Beziehungen zwischen ihnen sind im Prinzip unendlich und erweitern sich kontinuierlich, wenn neue Gebiete der Wissenschaft und Technik entwickelt werden. Daher ist es nicht möglich, alle diese Größen und Beziehungen in dieser Internationalen Norm aufzulisten; stattdessen wird eine Auswahl der gebräuchlicheren Größen und der Beziehungen zwischen ihnen angegeben.

Es ist unvermeidlich, dass einige Leser, die in besonderen spezialisierten Gebieten arbeiten, finden, dass die Größen, die sie verwenden möchten, nicht in dieser Internationalen Norm oder in einer anderen Internationalen Norm aufgeführt sind. Das hindert jedoch nicht daran, Einheiten für ihre Größen zu definieren, vorausgesetzt, sie können ihre Größen zu ähnlichen aufgeführten Beispielen in Beziehung setzen.

Das in dieser Internationalen Norm vorgestellte Größensystem wird als das *Internationale Größensystem* bezeichnet und in allen Sprachfassungen mit „ISQ“ (en: International System of Quantities) abgekürzt. Diese Bezeichnung wurde in ISO 31, aus der die vorliegende harmonisierte Reihe hervorgegangen ist, nicht verwendet. Das ISQ erscheint jedoch im ISO/IEC Guide 99 und ist das dem Internationalen Einheitensystem – in allen Sprachfassungen mit „SI“ abgekürzt – zugrunde liegende Größensystem. Es sollte beachtet werden, dass das ISQ ein im Grunde unbegrenztes und sich kontinuierlich entwickelndes und erweiterndes System von Größen und Gleichungen ist, auf denen die gesamte moderne Wissenschaft und Technik beruht.

0.2 Anordnung der Tabellen

In den Teilen 3 bis 14 dieser Internationalen Norm werden die Größen und die Beziehungen zwischen ihnen, die eine Untermenge des ISQ sind, sowie die SI-Einheiten [1] (und einige andere Einheiten) in Tabellen angegeben. Es werden auch einige zusätzliche Größen und Einheiten angegeben. Die Positionsnummern der Größen sind in der Form dargestellt durch: pp-nn.s (pp: Nummer des Teils, nn: laufende Nummer in dem Teil, s: Unternummer).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält allgemeine Informationen und Definitionen zu Größen, Größensystemen, Einheiten, Formelzeichen für Größen und Einheiten sowie zu kohärenten Einheitensystemen, speziell zum Internationalen Größensystem ISQ.

Die in ISO 80000-1 festgelegten Grundsätze sind für allgemeinen Gebrauch innerhalb der unterschiedlichen Gebiete von Wissenschaft und Technik gedacht sowie als Einführung in andere Teile dieser Internationalen Norm.

Ordinalmerkmale und Nominalmerkmale werden von der Normenreihe ISO 80000 bisher nicht abgedeckt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die im ISO/IEC Guide 99 festgelegten Begriffe.

4 Größen

4.1 Der Größenbegriff

In dieser Internationalen Norm wird davon ausgegangen, dass die Dinge (dazu gehören physische Körper und Phänomene, Substanzen, Ereignisse usw.) durch Merkmale charakterisiert werden, anhand deren diese Dinge in Bezug darauf miteinander verglichen werden können, ob sie dasselbe Merkmal haben oder nicht, wie im Falle starrer Körper in Bezug auf ihre Form und im Falle von Menschen in Bezug darauf, ob sie dieselbe Blutgruppe haben oder nicht. Einige Merkmale machen Dinge auch durch Graduierung vergleichbar, so dass z. B. Winde in Bezug auf die Windstärke und Erdbeben in Bezug auf ihre Stärke miteinander verglichen werden können. Darüber hinaus können einige Merkmale die Dinge auch auf komplexere Arten und Weisen als nur in Bezug auf die Äquivalenz oder Graduierung, nämlich besonders durch Inverhältnissetzung miteinander vergleichbar machen, wie dies z. B. bei den meisten physikalischen Größen der Fall ist, nach denen die Masse oder die elektrische Ladung eines Körpers das Zweifache der Masse oder der elektrischen Ladung eines anderen Körpers sein kann usw.

Es sind nicht alle Merkmale und besonders nicht alle Größen miteinander vergleichbar. Während sich z. B. der Durchmesser eines Zylinderstabes mit der Höhe eines Blocks vergleichen lässt, kann der Durchmesser eines Stabes nicht mit der Masse eines Blocks verglichen werden.

Miteinander vergleichbare Größen werden als zur selben Art gehörig angesehen [2] und sind Instanzen derselben allgemeinen Größe. Durchmesser und Höhen sind daher insofern Größen derselben Art, als es sich dabei um Instanzen der allgemeinen Größe Länge handelt.

Es ist üblich, dieselbe Benennung, nämlich „Größe“, für sowohl allgemeine Größen, wie z. B. Länge, Masse usw., als auch deren Instanzen, wie z. B. gegebene Längen, gegebene Massen usw., zu verwenden. Entsprechend sind wir es gewohnt, sowohl zu sagen, dass es sich bei der Länge um eine Größe handelt, als auch dass eine gegebene Länge eine Größe sei, indem wir die Spezifizierung – „allgemeine Größe“ oder „Einzelgröße“ – implizit beibehalten und den linguistischen Kontext nutzen, um Mehrdeutigkeiten zu vermeiden.

4.2 Größensystem — Basisgrößen und abgeleitete Größen

Allgemeine Größen stehen in Beziehung durch Gleichungen, die Naturgesetze ausdrücken oder neue allgemeine Größen definieren. Jede Gleichung zwischen Größen wird als *Größengleichung* bezeichnet.

Es ist zweckmäßig, einige Größen unterschiedlicher Art als wechselseitig unabhängig zu betrachten. Solche Größen werden als *Basisgrößen* bezeichnet. Andere Größen, als *abgeleitete Größen* bezeichnet, werden durch Gleichungen als Funktion der *Basisgrößen* definiert oder ausgedrückt.

Es ist eine Ermessensfrage, wie viele und welche Größen als Basisgrößen betrachtet werden. Es ist ebenfalls eine Ermessensfrage, welche Gleichungen angewendet werden, um die abgeleiteten Größen zu definieren. Jeder Satz von widerspruchsfreien Gleichungen zwischen Größen wird als *Größensystem* bezeichnet.

4.3 Universalkonstanten und empirische Konstanten

Einige Einzelgrößen werden als unter allen Umständen konstant betrachtet. Solche Größen werden als *Universalkonstanten* oder *physikalische Fundamentalkonstanten* bezeichnet.

BEISPIEL 1 Das Plancksche Wirkungsquantum h [3].

BEISPIEL 2 Die Faraday-Konstante F [3].

Andere Größen können unter einigen Umständen konstant sein, aber von anderen abhängig sein. Ihre Werte werden im Allgemeinen durch Messung ermittelt. Sie werden als *empirische Konstanten* bezeichnet.

BEISPIEL 3 Die Messergebnisse der Länge l und der Periodendauer T für jedes von verschiedenen Partikelpendeln an einem bestimmten Ort kann durch genau eine Größengleichung ausgedrückt werden, nämlich:

$$T = C\sqrt{l}$$

Dabei ist C eine ortsabhängige empirische Konstante.

Die Theorie zeigt, dass:

$$C = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$$

Dabei ist g die örtliche Fallbeschleunigung, bei der es sich um eine andere empirische Konstante handelt.

4.4 Konstante Faktoren in Größengleichungen

Gleichungen zwischen Größen enthalten in einigen Fällen konstante Faktoren (Multiplikatoren). Diese Faktoren hängen von den Definitionen ab, die für die in den Gleichungen vorkommenden Größen gewählt wurden. d. h. vom gewählten Größensystem. Solche Faktoren können rein numerisch sein und werden dann als *Zahlenfaktoren* bezeichnet.

BEISPIEL 1 In einem dreidimensionalen Größensystem, in dem Länge, Masse und Zeit drei Basisgrößen sind, ist die kinetische Energie eines Partikels nach der klassischen Mechanik:

$$T = \frac{1}{2}mv^2$$

Dabei ist T die kinetische Energie, m die Masse und v die Geschwindigkeit. Diese Gleichung enthält den Zahlenfaktor $\frac{1}{2}$.

Ein solcher Faktor kann eine oder mehrere Universalkonstanten (oder empirische Konstanten) enthalten.

BEISPIEL 2 Im dreidimensionalen Größensystem lautet das coulombsche Gesetz für elektrische Ladungen wie folgt:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Dabei ist F die skalare Kraft, q_1 und q_2 sind zwei elektrische Ladungen, und r ist der Abstand.

Im Falle eines rationalisierten vierdimensionalen Größensystems, in dem mindestens eine Basisgröße elektrischer Natur hinzugefügt wurde, wird dieser Ausdruck zu:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Dabei ist ϵ_0 seit der 2019 erfolgten Neudefinition von SI-Basiseinheiten [1] eine empirische Konstante, d. h. die elektrische Feldkonstante (diese galt zuvor als Universalkonstante).

Ein Faktor kann auch einen oder mehrere *vereinbarte Größenwerte* enthalten.

Konstante Faktoren, die keine Zahlenfaktoren sind, werden häufig als *Koeffizienten* bezeichnet.

4.5 Internationales Größensystem, ISQ

Die spezielle Wahl von Basisgrößen und Größengleichungen, einschließlich Faktoren in ISO 80000 und IEC 80000, definiert das *Internationale Größensystem*, das in allen Sprachen als „ISQ“ bezeichnet wird. Abgeleitete Größen können in Bezug auf die Basiseinheiten durch Größengleichungen definiert werden. Im ISQ gibt es sieben Basisgrößen: Länge, Masse, Zeit, elektrische Stromstärke, thermodynamische Temperatur, Stoffmenge und Lichtstärke.

5 Dimensionen

Im betrachteten Größensystem kann die Beziehung zwischen einer beliebigen allgemeinen Größe Q und den Basisgrößen mit Hilfe einer Gleichung ausgedrückt werden. Die Gleichung darf eine Summe von Termen enthalten, die jeweils als Potenzprodukt der Basisgrößen $A, B, C, \dots$ aus einem ausgewählten Satz ausgedrückt werden können, in einigen Fällen multipliziert mit einem Zahlenfaktor ξ , d. h., $\xi \cdot A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots$, wobei der Satz der Exponenten $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ für jeden Term der gleiche ist.

Die *Dimension* der Größe Q wird dann durch das *Dimensionsprodukt*

$$\dim Q = A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots$$

ausgedrückt, wobei $A, B, C, \dots$ die Dimensionen der Basisgrößen $A, B, C, \dots$ bezeichnen, und $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ als *Dimensionsexponenten* bezeichnet werden.

Größen derselben Art (z. B. Länge) haben dieselbe Dimension, und zwar selbst dann, wenn sie ursprünglich in unterschiedlichen Einheiten (wie z. B. in Yard und Meter) angegeben wurden. Falls Größen unterschiedliche Dimensionen haben (wie z. B. die Länge im Verhältnis zur Masse), gehören sie verschiedenen Arten an [2,4] und können nicht miteinander verglichen werden [5].

Eine Größe, deren Dimensionsexponenten alle gleich Null sind, hat als Dimensionsprodukt $A^0 B^0 C^0 \dots = 1$, wobei das Zeichen 1 die entsprechende Dimension bezeichnet. Es besteht keine Einigkeit darüber, wie derartige Größen zu bezeichnen sind. Sie wurden als dimensionslose Größen bezeichnet (obgleich diese Benennung nunmehr vermieden werden sollte), als Größen der Dimension eins, als Größen mit Dimensionsnummer oder als

Größen mit der Einheit eins. Bezüglich der Dimension sind derartige Größen schlicht Zahlen. Um Verwirrung zu vermeiden, ist es hilfreich, in Verbindung mit diesen Größen, wenn irgend möglich, explizite Einheiten zu verwenden, z. B. m/m, nmol/mol, rad^[1]. Besonders bei der Angabe von Messergebnissen ist wichtig, dass eine eindeutige Beschreibung aller dieser Größen vorliegt.

ANMERKUNG 1 Zu diesen Größen gehören diejenigen, die als Quotient zweier Größen derselben Dimension definiert sind, und diejenigen, die als Anzahlen definiert sind.

Im ISQ mit den sieben Basisgrößen Länge, Masse, Zeit, Stromstärke, thermodynamische Temperatur, Stoffmenge und Lichtstärke werden die Dimensionen der Basisgrößen mit L, M, T, I, Θ , N bzw. J bezeichnet. Daher wird im ISQ die Dimension einer Größe Q allgemein

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\varepsilon N^\zeta J^\eta$$

BEISPIEL

Größe	Dimension
Geschwindigkeit	LT^{-1}
Frequenz	T^{-1}
Kraft	LMT^{-2}
Energie	L^2MT^{-2}
Entropie	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}$
elektrische Spannung	$L^2MT^{-3}I^2$
magnetischer Fluss	$L^2MT^{-2}I^{-1}$
Beleuchtungsstärke	$L^{-2}J$
molare Entropie	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}N^{-1}$
Wirkungsgrad	1

6 Einheiten

6.1 Einheiten und Zahlenwerte

Wenn ein bestimmter Wert einer Größe einer gegebenen Art als Referenzwert, *Einheit* genannt, ausgewählt ist, dann kann eine beliebige andere Größe der gleichen Art mittels dieser Einheit als Produkt dieser Einheit und eines Zahlenwerts angegeben werden. Diese Zahl wird der *Zahlenwert* der in dieser Einheit angegebenen Größe genannt.

BEISPIEL 1 Die Wellenlänge einer der Natrium-Spektrallinien ist

$$\lambda \approx 5,896 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Hier ist λ das Zeichen für die Größe Wellenlänge, m ist das Zeichen für die Einheit der Länge, den Meter, und $5,896 \times 10^{-7}$ ist der Zahlenwert der Wellenlänge, angegeben in Meter.

Bei formaler Behandlung von Größen und Einheiten darf diese Beziehung in der Form [4]

$$Q_a = \{Q_a\} \cdot [Q]$$

ausgedrückt werden, wobei Q_a das Zeichen für eine einzelne Größe, $Q_a, [Q]$ das Zeichen für die Einheit und $\{Q_a\}$ das Zeichen für den Zahlenwert der Größe Q_a , ausgedrückt in der Einheit $[Q]$ ist. Für Vektoren und Tensoren

sind die Komponenten Größen und können wie oben beschrieben ausgedrückt werden. Vektoren und Tensoren können auch als Zahlenwert-Vektor beziehungsweise Zahlenwert-Tensor multipliziert mit einer Einheit ausgedrückt werden.

Wenn eine Größe in einer anderen Einheit ausgedrückt wird, die das k -Fache der ersten Einheit ist, wird der neue Zahlenwert das $1/k$ -Fache des ersten Zahlenwerts, weil die Größe als Produkt von Zahlenwert und Einheit von der Einheit unabhängig ist.

BEISPIEL 2 Ein Wechsel der Einheit für die Wellenlänge in dem vorhergehenden Beispiel vom Meter zum Nanometer, welcher das 10^{-9} -Fache des Meters ist, führt zu einem Zahlenwert, der das 10^9 -Fache des Zahlenwerts der Größe, ausgedrückt in Meter, ist.

Somit ist

$$\lambda \approx 5,896 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5,896 \cdot 10^{-7} \cdot 10^9 \text{ nm} = 589,6 \text{ nm}$$

Es ist unerlässlich, zwischen dem Größenwert selbst und dem Zahlenwert der Größe angegeben in einer bestimmten Einheit zu unterscheiden. Der Zahlenwert einer Größe angegeben in einer bestimmten Einheit könnte dadurch angezeigt werden, dass das Größensymbol in geschweifte Klammern gesetzt wird mit der Einheit als Index, z. B. $\{\lambda\}_{\text{nm}}$. Es ist jedoch vorzuziehen, den Zahlenwert explizit als das Verhältnis der Größe zur Einheit anzugeben.

BEISPIEL 3 $\lambda/\text{nm} \approx 589,6$

Diese Schreibweise ist besonders zur Benutzung in Grafiken und in Spaltenüberschriften von Tabellen empfohlen.

6.2 Mathematische Operationen

Das Produkt und der Quotient von zwei Größen Q_1 und Q_2 genügen den Beziehungen

$$Q_1 Q_2 = \{Q_1\} \{Q_2\} \cdot [Q_1] [Q_2]$$
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\{Q_1\}}{\{Q_2\}} \cdot \frac{[Q_1]}{[Q_2]}$$

Somit ist das Produkt $\{Q_1\} \{Q_2\}$ der Zahlenwert $\{Q_1 Q_2\}$ der Größe $Q_1 Q_2$ und das Produkt $[Q_1] [Q_2]$ die Einheit $[Q_1 Q_2]$ der Größe $Q_1 Q_2$. Analog ist der Quotient $\{Q_1\}/\{Q_2\}$ der Zahlenwert $\{Q_1/Q_2\}$ der Größe Q_1/Q_2 und der Quotient $[Q_1]/[Q_2]$ die Einheit $[Q_1/Q_2]$ der Größe Q_1/Q_2 . Einheiten wie $[Q_1] [Q_2]$ und $[Q_1]/[Q_2]$ werden als *zusammengesetzte Einheiten* bezeichnet.

BEISPIEL 1 Die Geschwindigkeit v eines Partikels in gleichförmiger Bewegung ist gegeben mit

$$v = \frac{l}{t}$$

wobei l die in der Zeit t zurückgelegte Distanz ist.

Somit ist die Geschwindigkeit v , falls das Partikel eine Distanz $l = 6 \text{ m}$ in der Zeit $t = 2 \text{ s}$ zurücklegt, gleich

$$v = l/t = (6 \text{ m})/(2 \text{ s}) = 3 \text{ m/s}$$

ANMERKUNG Eine Größe definiert als A/B wird als „Quotient A durch B“ oder „A durch B“ bezeichnet, aber nicht als „A je B-Einheit“.

Gleichungen zwischen Zahlenwerten wie $\{Q_1 Q_2\} = \{Q_1\} \{Q_2\}$ werden als *Zahlenwertgleichungen* bezeichnet. Gleichungen zwischen Einheiten wie $[Q_1 Q_2] = [Q_1] [Q_2]$ werden als *Einheitengleichungen* bezeichnet.

Die Argumente von Exponentialfunktionen, logarithmischen Funktionen, trigonometrischen Funktionen usw. sind Zahlen, Zahlenwerte oder Verknüpfungen von Größen mit einem Dimensionalprodukt gleich eins (siehe Abschnitt 5).

BEISPIEL 2 $\exp(E/kT)$; $\ln(p/\text{kPa})$; $\sin(\pi/3)$; $\cos(\omega t + \alpha)$

6.3 Größengleichungen und Zahlenwertgleichungen

Die drei oben eingeführten Gleichungstypen, d. h. Größengleichungen, Zahlenwertgleichungen und Einheitengleichungen werden in Wissenschaft und Technik verwendet. Größengleichungen und Zahlenwertgleichungen finden allgemein Verwendung, Einheitengleichungen werden dagegen weniger häufig verwendet. Zahlenwertgleichungen (und natürlich auch Einheitengleichungen) hängen von der Wahl der Einheiten ab, während Größengleichungen den Vorteil haben, von der Wahl der Einheiten unabhängig zu sein. Deshalb wird die Verwendung von Größengleichungen üblicherweise vorgezogen und nachdrücklich empfohlen.

BEISPIEL Eine einfache Größengleichung ist

$$v = \frac{l}{t}$$

wie im Abschnitt Mathematische Operationen, Beispiel 1 angegeben.

Wenn z. B. Kilometer durch Stunde (Zeichen km/h), Meter (Zeichen m) und Sekunde (Zeichen s) als die Einheiten für Geschwindigkeit, Entfernung bzw. Dauer verwendet werden, lässt sich die folgende Zahlenwertgleichung herleiten:

$$\{v\}_{\text{km/h}} = 3,6 \{l\}_{\text{m}} / \{t\}_{\text{s}}$$

Dabei ist $\{v\}_{\text{km/h}} = v / (\text{km/h})$.

Die Zahl 3,6, die in der Zahlenwertgleichung erscheint, resultiert aus der spezifischen Wahl der Einheiten; bei anderer Wahl würde sie im Allgemeinen anders sein.

Weil Zahlenfaktoren in Zahlenwertgleichungen von der Wahl der Einheiten abhängen, wird empfohlen, in solchen Gleichungen nicht die Indizes fortzulassen. Wenn Indizes nicht verwendet werden, müssen die Einheiten im gleichen Zusammenhang deutlich angegeben werden.

6.4 Kohärente Einheitensysteme

Einheiten könnten beliebig gewählt werden, eine unabhängige Wahl der Einheit für jede Größe würde aber zu zusätzlichen Zahlenfaktoren in den Zahlenwertgleichungen führen.

Es ist jedoch möglich und in der Praxis bequemer, ein *Einheitensystem* so auszuwählen, dass die Zahlenwertgleichungen genau die gleiche Form, einschließlich der Zahlenfaktoren, wie die entsprechenden Gleichungen in einem gewählten Größensystem haben. Um ein derartiges Einheitensystem einzuführen, wird zunächst eine und nur eine Einheit für jede Basisgröße definiert. Die Einheiten der Basisgrößen werden als *Basiseinheiten* bezeichnet. Danach werden die Einheiten aller abgeleiteten Größen in Bezug auf die Basiseinheiten in Übereinstimmung mit den Gleichungen im Größensystem ausgedrückt. Die Einheiten der abgeleiteten Größen werden

als *abgeleitete Einheiten* bezeichnet. Ein auf diese Weise definiertes Einheitensystem wird als im Hinblick auf das Größensystem *kohärent* bezeichnet, einschließlich der betreffenden Gleichungen.

In einem kohärenten Einheitensystem entspricht der Term für jede Einheit der Dimension der betreffenden Größe, d. h. der Term für die Einheit ergibt sich dadurch, dass die Zeichen für die Basisdimensionen in der Dimension der Größe durch die der Basiseinheiten ersetzt werden. In einem derartigen kohärenten Einheitensystem erscheint kein anderer Zahlenfaktor als 1 in den Termen für die abgeleiteten Einheiten als Funktion der Basiseinheiten.

7 Schreibregeln

7.1 Formelzeichen für Größen

7.1.1 Allgemeines

Formelzeichen für Größen sind im Allgemeinen einzelne Buchstaben aus dem lateinischen oder griechischen Alphabet, manchmal mit Indizes oder anderen modifizierenden Zeichen. Formelzeichen für Kennzahlen, wie die Mach-Zahl, Zeichen Ma , werden jedoch mit zwei Buchstaben aus dem lateinischen Alphabet geschrieben, stets mit großen Anfangsbuchstaben. Es wird empfohlen, dass solche Zwei-Buchstaben-Formelzeichen, wenn sie als Faktoren in einem Produkt erscheinen, von anderen Formelzeichen durch ein Leerzeichen getrennt werden.

Die Formelzeichen für Größen müssen stets in kursiver (schräger) Schrift geschrieben werden, unabhängig vom Schrifttyp im übrigen Text.

Dem Größensymbol folgt kein Punkt außer bei normaler Punktsetzung, z. B. am Ende eines Satzes.

Schreibweisen für Vektor- und Tensorgrößen sind in ISO 80000-2 angegeben.

Formelzeichen für Größen sind in ISO 80000 (Teile 3 bis 5 und 7 bis 12) und IEC 80000 (Teile 6 und 13) angegeben.

Für den Zeichensatz der kursiven Buchstaben, in dem Formelzeichen für Größen gedruckt werden sollen, wird keine Empfehlung gegeben.

7.1.2 Indizes

Wenn in einem gegebenen Zusammenhang verschiedene Größen das gleiche Formelzeichen haben, oder wenn für eine Größe verschiedene Anwendungen oder unterschiedliche Werte von Interesse sind, kann eine Unterscheidung durch Indizes gemacht werden.

Für den Druck von Indizes gelten die folgenden Grundsätze:

- Ein Index, der eine physikalische Größe oder eine mathematische Variable repräsentiert, wie z. B. eine fortlaufende Zahl, wird in kursiver (schräger) Schrift gedruckt.
- Andere Indizes, wie z. B. solche, die Worte oder feste Zahlen repräsentieren, werden in gerader Schrift gedruckt.

BEISPIEL

kursive (geneigte) Indizes

C_p	(p : Druck)
c_i	(i : laufende Zahl)
$\Sigma_n a_n \omega_n$	(n : laufende Zahl)
F_x	(x : x-Komponente)

geradestehende Indizes

C_g	(g : Gas)
c_3	(3: dritte)
g_n	(n : normal)
μ_r	(r : relativ)

g_{ik}	(i, k : laufende Zahlen)	S_m	(m: molar)
I_λ	(λ : Wellenlänge)	$T_{1/2}$	(1/2: halb)

7.1.3 Verknüpfung von Formelzeichen für Größen

Wenn Formelzeichen für Größen in einem Produkt von zwei oder mehr Größen verknüpft sind, wird diese Verknüpfung in einer der folgenden Weisen geschrieben):

$$ab, a\,b, a \cdot b, a \times b$$

ANMERKUNG 1 Auf einigen Gebieten, z. B. Vektor-Algebra, wird unterschieden zwischen $a \cdot b$ und $a \times b$.

Die Division einer Größe durch eine andere wird auf eine der folgenden Weisen geschrieben:

$$\frac{a}{b}, a/b, a\,b^{-1}, a \cdot b^{-1}$$

Wird ab^{-1} mit einem Leerraum zwischen a und b^{-1} geschrieben, also als $a\,b^{-1}$, so verhindert dies, dass dieser Term als $(ab)^{-1}$ missverstanden wird.

ANMERKUNG 2 Der Schrägstrich „/“ kann leicht mit dem kursiven Großbuchstaben „I“ oder dem kursiven Kleinbuchstaben „l“ verwechselt werden, besonders wenn eine serifenlose Schriftart verwendet wird. Der waagerechte Bruchstrich ist zur Darstellung von Divisionen häufig vorzuziehen.

Diese Vorgehensweisen können auf Fälle erweitert werden, in denen der Zähler oder der Nenner oder beide selbst Produkte oder Quotienten sind. In derartigen Verknüpfungen darf dem Schrägstrich (/) kein Multiplikations- oder Divisionszeichen auf derselben Zeile folgen, es sei denn, es werden zur Vermeidung von Mehrdeutigkeiten Klammern eingefügt.

BEISPIEL 1

$$\frac{ab}{c} = ab/c = abc^{-1}$$

$$\begin{aligned}\frac{a/b}{c} &= \frac{a}{bc} = (a/b)/c = a/(bc), \text{ nicht } a/b/c \\ \frac{a/b}{c/d} &= \frac{ad}{bc} \\ \frac{a}{bc} &= a/(b \cdot c), \text{ nicht } a/b \cdot c\end{aligned}$$

Der Schrägstrich kann in Fällen verwendet werden, in denen der Zähler und der Nenner eine Addition oder Subtraktion enthalten, vorausgesetzt, dass zur Vermeidung von Mehrdeutigkeiten Klammern verwendet werden. Multiplikation und Division haben in zusammengesetzten Termen den Vorrang vor Addition und Subtraktion. Potenzierung hat den Vorrang vor Multiplikation und Division und vor monadischen Operationen, so ist z. B. $-a^2$ gleich $-(a^2)$ und nicht $(-a)^2$.

BEISPIEL 2 $(a + b)(c + d)$, Klammern erforderlich

$a + b \cdot c + d = a + (b \cdot c) + d$, keine Klammern erforderlich

$(a + b)/(c + d)$, Klammern erforderlich

$a + b/c + d = a + (b/c) + d$, keine Klammern erforderlich

Binäre Operatoren, wie z. B. +, −, /, müssen von schmalen Leerzeichen eingeschlossen werden. Diese Regel gilt nicht für unäre Operatoren, wie z. B. bei −17,3 (siehe auch Abschnitt 7.2).

Klammern dürfen auch dazu verwendet werden, Mehrdeutigkeiten zu vermeiden, die sich aus der Verwendung von bestimmten anderen mathematischen Operationen ergeben.

BEISPIEL 3 $\ln x + y = (\ln x) + y$, nicht $\ln(x + y)$

Es ist zu beachten, dass die Mehrdeutigkeit in diesem Beispiel auch durch Änderung der Reihenfolge der Operationen beseitigt werden könnte.

Andere für den Gebrauch in Wissenschaft und Technik empfohlene mathematische Zeichen und Symbole sind in ISO 80000-2 angegeben.

In mathematischen Termen und Gleichungen dürfen nur Formelzeichen für Größen verwendet werden, aber niemals Wörter oder Abkürzungen.

BEISPIEL 4 Schreibe „Geschwindigkeit gleich Entfernung durch Dauer“ oder $v = l/t$, aber nicht Geschwindigkeit = Entfernung/Dauer oder $v = l$ durch t .

7.1.4 Angabe von Größenwerten

Wenn die Angabe eines Größenwerts eine Summe oder Differenz von Größenwerten ist, dann müssen entweder Klammern zur Verknüpfung der Zahlenwerte und hinter dem kompletten Zahlenwert ein gemeinsames Einheitenzeichen verwendet werden, oder die Angabe muss als Summe oder Differenz der Größenwerte erfolgen.

BEISPIEL 1 $l = 12 \text{ m} - 7 \text{ m} = (12 - 7) \text{ m} = 5 \text{ m}$, nicht $12 - 7 \text{ m}$

$t = 23,6 \text{ °C}$, nicht $t = 23,6^\circ \text{ C}$

$U = 230 \cdot (1 + 5 \%) \text{ V} = 230 \cdot 1,05 \text{ V} \approx 242 \text{ V}$, nicht $U = 230 \text{ V} + 5 \%$

Beschreibende Benennungen oder Bezeichnungen von Größen dürfen nicht in Form von Gleichungen angeordnet werden. Bezeichnungen von Größen oder aus mehreren Buchstaben bestehende Abkürzungen, beispielsweise in Kursivschrift oder mit Indizes, dürfen nicht anstelle von Formelzeichen verwendet werden.

BEISPIEL 2 Schreibe $\rho = \frac{m}{V}$ und nicht *Dichte* = $\frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$

7.1.5 Angabe von Dimensionen

Das Zeichen jeder Basisgröße des ISQ ist ein einzelner senkrechter Großbuchstabe, wie im Abschnitt *Dimensionen* aufgeführt. Die Dimension einer abgeleiteten Größe Q des ISQ wird wie folgt angegeben:

$$\dim Q = A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots$$

Dabei sind A, B, C, ... Zeichen für die Dimensionen von Basisgrößen. Das Zeichen einer Dimension mit dem Exponenten 0 wird üblicherweise weggelassen. Die Dimension einer Größe, bei der die Exponenten aller ihrer Dimensionen 0 sind, wird als 1 geschrieben.

7.2 Zahlen

7.2.1 Allgemeines

Zahlen sind in gerader Schrift zu setzen, unabhängig vom Schrifttyp im übrigen Text.