

DIN EN ISO 80000-1

ICS 01.060

Entwurf

Einsprüche bis 2017-07-05
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 80000-1:2013-08

**Größen und Einheiten –
Teil 1: Allgemeines (ISO/DIS 80000-1:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 80000-1:2017**

Quantities and units –
Part 1: General (ISO/DIS 80000-1:2017);
German and English version prEN ISO 80000-1:2017

Grandeurs et unités –
Partie 1: Généralités (ISO/DIS 80000-1:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 80000-1:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-05-05 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, 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 105 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 80000-1:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 12 „Quantities and units“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/SS F02 „Units and symbols“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom CCMC gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-01-09 AA „Physikalische Chemie, Molekularphysik und Physik der Kondensierten Materie“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG).

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

Änderungen

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

- a) normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) Aufbau und Gestaltung der Begriffe wurde vollständig überarbeitet;
- c) redaktionelle Änderungen wurden vorgenommen.

Größen und Einheiten — Teil 1: Allgemeines (ISO/DIS 80000-1:2017)

Grandeurs et unités — Partie 1 : Généralités (ISO/DIS 80000-1:2017)

Quantities and units — Part 1: General (ISO/DIS 80000-1:2017)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
0.1 Größen	6
0.2 Einheiten	7
0.3 Darstellung der Einheiten	7
0.4 Anordnung der Tabellen	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Größen	19
4.1 Der Größenbegriff	19
4.2 Größenart — Größenkalkül	19
4.3 Größensystem — Basisgrößen und abgeleitete Größen	20
4.4 Universalkonstanten und empirische Konstanten	20
4.5 Konstante Faktoren in Größengleichungen	20
4.6 Internationales Größensystem, ISQ	21
5 Größendimension	21
6 Einheiten	22
6.1 Einheiten und Zahlenwerte	22
6.2 Mathematische Verfahren	23
6.3 Größengleichungen und Zahlenwertgleichungen	23
6.4 Kohärente Einheitensysteme	24
6.5 Das Internationale Einheitensystem, SI	24
6.5.1 Allgemeines	24
6.5.2 SI-Basiseinheiten	25
6.5.3 Abgeleitete SI-Einheiten	25
6.5.4 SI-Vorsätze	27
6.5.5 Die Einheit Eins	29
6.5.6 Andere Einheiten	30
7 Schreibregeln	31
7.1 Formelzeichen für Größen	31
7.1.1 Allgemeines	31
7.1.2 Indizes	32
7.1.3 Verknüpfung von Formelzeichen für Größen	32
7.1.4 Angabe von Größenwerten	34
7.2 Einheitenamen und Einheitenzeichen	34
7.2.1 Allgemeines	34
7.2.2 Verknüpfung von Einheitenzeichen	35
7.2.3 Vorsätze	35
7.2.4 Englische Namen von zusammengesetzten Einheiten	35
7.2.5 Schreibweise der Namen von Größen und Einheiten in der englischen und französischen Sprache	36
7.3 Zahlen	36

7.3.1	Allgemeines	36
7.3.2	Dezimalzeichen	37
7.3.3	Multiplikation und Division.....	37
7.3.4	Abweichung und Unsicherheit	38
7.4	Chemische Elemente und Nuklide.....	39
7.5	Griechisches Alphabet	40
Anhang A (normativ) Benennungen in Namen für physikalische Größen		41
A.1	Allgemeines	41
A.2	Koeffizienten, Faktoren.....	41
A.3	Parameter, Zahlen, Verhältnisse	42
A.4	Pegel.....	42
A.5	Konstanten.....	43
A.6	Benennungen für allgemeine Anwendung.....	43
Anhang B (normativ) Runden von Zahlen.....		46
Anhang C (normativ) Logarithmische Größen und ihre Einheiten		48
C.1	Allgemeines	48
C.2	Logarithmische Leistungswurzelgrößen.....	48
C.3	Logarithmische Leistungsgrößen.....	49
C.4	Logarithmische Größen der Informationstheorie	49
Anhang D (informativ) Internationale Organisationen im Bereich Größen und Einheiten		50
D.1	JCGM	50
D.2	CGPM – CIPM – BIPM.....	50
D.3	IEC – IEC/TC 25	50
D.4	IFCC.....	50
D.5	ILAC.....	50
D.6	ISO – ISO/TC 12.....	50
D.7	IUPAC	50
D.8	IUPAP	51
D.9	OIML – CGML – CIML – BIML.....	51
Literaturhinweise.....		52

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 80000-1:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 12 „Quantities and units“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 000 erarbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird ISO 80000-1:2009 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 80000-1:2017 wurde vom CEN als prEN ISO 80000-1:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 12, *Quantities and units*, in Zusammenarbeit mit IEC/TC 25, *Quantities and units*.

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

Eine Liste aller Teile der Normenreihe ISO 80000 kann der ISO-Webseite entnommen werden.

Einleitung

0.1 Größen

Größensysteme und Einheitensysteme können auf vielen konsistenten, aber verschiedenen Wegen behandelt werden. Welches Verfahren verwendet wird, ist nur eine Frage der Vereinbarung. Die in dieser Internationalen Norm gegebene Darstellung basiert auf dem Internationalen Einheitensystem, dem SI (vom französischen *Système international d'unités*), das von der Generalkonferenz für Maß und Gewicht, der CGPM (vom französischen *Conférence générale des poids et mesures*) angenommen wurde.

Die Größen und Beziehungen zwischen den hier verwendeten Größen sind diejenigen, deren Gebrauch in allen physikalischen Wissenschaften nahezu universell akzeptiert ist. Sie werden heutzutage 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 Grunde unendlich und erweitern sich kontinuierlich, wenn neue Gebiete der Wissenschaft und Technik entwickelt werden. Daher ist es nicht möglich, all diese Größen und Beziehungen in dieser Internationalen Norm aufzulisten; stattdessen wird eine Auswahl der häufiger gebrauchten 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 muss sie jedoch nicht hindern, Einheiten für ihre Größen festzulegen, vorausgesetzt, sie können ihre Größen zu geläufigeren aufgeführten Beispielen in Beziehung setzen.

Die meisten Einheiten, die für die Angabe interessierender Größenwerte benutzt werden, wurden hergeleitet und benutzt, lange bevor das Konzept eines Größensystems entwickelt wurde. Trotzdem sind die Beziehungen zwischen den Größen, die einfach die Gleichungen der physikalischen Wissenschaften sind, wichtig, weil in jedem Einheitensystem die Beziehungen zwischen den Einheiten eine wichtige Rolle spielen, und weil sie aus den Beziehungen zwischen den entsprechenden Größen hergeleitet sind.

Das System der Größen einschließlich der Beziehungen zwischen ihnen, welches als Basis der SI-Einheiten benutzt wird, heißt *Internationales Größensystem* mit der Bezeichnung „ISQ“ in allen Sprachen (vom englischen International System of Quantities). Diese Bezeichnung wurde noch nicht in ISO 31 benutzt, aus der die gegenwärtige harmonisierte Reihe entwickelt wurde. ISQ erscheint jedoch im ISO/IEC-Guide 99:2007 und in der SI-Broschüre [8], Ausgabe 8:2006. In beiden Fällen geschah dies, um die Übereinstimmung mit der neuen Reihe *Größen und Einheiten* sicherzustellen, die in der Zeit in Vorbereitung war, als sie veröffentlicht wurden; es wurde bereits angekündigt, dass die neue Bezeichnung verwendet werden würde. Es sollte jedoch klar sein, dass ISQ einfach eine zweckmäßige Darstellungsart ist zur Übertragung auf die im Grunde unbegrenzten und sich kontinuierlich entwickelnden und ausweitenden Systeme von Größen und Gleichungen, auf denen alle moderne Wissenschaft und Technik beruht. ISQ ist ein Kürzel für das Größensystem, auf dem das SI beruht („system of quantities on which the SI is based“), welches die in ISO 31 verwendete Bezeichnung für dieses System war.

0.2 Einheiten

Ein Einheitensystem wird entwickelt, indem zunächst ein Satz von Basiseinheiten für einen kleinen Satz von entsprechenden Basisgrößen festgelegt wird, und dann abgeleitete Einheiten als Potenzprodukte der Basiseinheiten definiert werden, entsprechend den Beziehungen, die die abgeleiteten Größen als Funktionen der Basisgrößen festlegen. In dieser Internationalen Norm und im SI gibt es sieben Basisgrößen und sieben Basiseinheiten. Die Basisgrößen sind Länge, Masse, Zeit, elektrische Stromstärke, thermodynamische Temperatur, Stoffmenge und Lichtstärke. Die zugehörigen Basiseinheiten sind entsprechend Meter, Kilogramm, Sekunde, Ampere, Kelvin, Mol und Candela. Die Definitionen dieser Basiseinheiten und ihre praktische Realisierung sind das Herzstück des SI und liegen in der Verantwortung der beratenden Ausschüsse (en: advisory committees) des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht, des CIPM (vom französischen: *Comité international des poids et mesures*). Die aktuellen Definitionen der Basiseinheiten und Hinweise für ihre praktische Realisierung sind in der SI-Broschüre [8] dargelegt, die vom Internationalen Büro für Maß und Gewicht, dem BIPM (vom französischen: *Bureau international des poids et mesures*), veröffentlicht und erhältlich ist. Es ist zu beachten, dass im Gegensatz zu den Basiseinheiten, von denen es für jede eine spezifische Definition gibt, die Basisgrößen einfach durch Vereinbarung gewählt werden und kein Versuch unternommen wurde, sie anders als funktionell zu definieren.

0.3 Darstellung der Einheiten

Die Darstellung einer Einheit bedeutet, die Definition der Einheit zu benutzen, um Messungen durchzuführen, die den Wert einer Größe der gleichen Art wie die Einheit mit der Einheit vergleichen. Dies ist der wesentliche Schritt, Messungen des Werts einer beliebigen Größe in der Wissenschaft zu machen. Die Darstellung der Basiseinheiten ist von besonderer Bedeutung. Die Darstellung der abgeleiteten Einheiten folgt grundsätzlich aus der Darstellung der Basiseinheiten.

Es kann viele verschiedene Wege für die praktische Darstellung einer Einheit geben, und neue Verfahren können mit dem Fortschritt der Wissenschaft entwickelt werden. Jedes mit den Gesetzen der Physik vereinbare Verfahren könnte zur Darstellung einer SI-Einheit benutzt werden. Dennoch ist es oft hilfreich, experimentelle Verfahren zur Darstellung der Einheiten durchzusehen, und das CIPM empfiehlt solche Verfahren, die als Teil der SI-Broschüre aufgeführt sind.

0.4 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, auf den linken Seiten und die SI-Einheiten (und einige weitere Einheiten) auf den rechten Seiten angegeben. Einige zusätzliche Größen und Einheiten sind ebenfalls auf der linken beziehungsweise rechten Seite 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). Die Positionsnummern der Einheiten sind in der Form dargestellt durch: pp-nn.I (pp: Nummer des Teils, bzw. nn: laufende Nummer in dem Teil, I: Buchstabe).

1 Anwendungsbereich

ISO 80000-1 gibt allgemeine Informationen und Definitionen bezüglich Größen, Größensystemen, Einheiten, Formelzeichen für Größen und Einheiten sowie kohärente Einheitensysteme, speziell des Internationalen Größensystems ISQ und des Internationalen Einheitensystems SI.

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

Ordinalmerkmale und Nominalmerkmale sind außerhalb des Anwendungsbereichs von ISO 80000-1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO/IEC Guide 98-1:2009, *Uncertainty of measurement — Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Der Inhalt dieses Abschnitts ist im Wesentlichen der gleiche wie im ISO/IEC Guide 99:2007. Einige Begriffe sind modifiziert.

3.1 Größe

Eigenschaft eines Phänomens, eines Körpers oder einer Substanz, wobei die Eigenschaft einen Wert hat, der durch eine Zahl und eine Referenz angegeben werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Oberbegriff „Größe“ kann in verschiedene Unterbegriffe unterteilt werden, wie dies in der folgenden Tabelle dargestellt ist. Auf der linken Seite der Tabelle stehen Unterbegriffe des Oberbegriffs „Größe“. Diese wiederum sind Oberbegriffe für die einzelnen Größen in der rechten Spalte der Tabelle.

Länge, l	Radius, r	Radius des Kreises A, r_A oder $r(A)$
	Wellenlänge, λ	Wellenlänge der Natrium-D-Linie, λ_D oder $\lambda(\text{Na}; D)$
Energie, E	kinetische Energie, T	kinetische Energie des Teilchens i in einem bestimmten System, T_i
	Wärmemenge, Q	Verdampfungswärme einer Wasserprobe i , Q_i
elektrische Ladung, Q		elektrische Ladung des Protons, e
elektrischer Widerstand, R		Widerstandswert des elektrischen Widerstands i in einem gegebenen Stromkreis, R_i
Stoffmengenkonzentration des Bestandteils B, c_B		Stoffmengenkonzentration von Ethanol in einer Weinprobe, i , $c_i(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$
Teilchenzahl-Konzentration des Bestandteils B, C_B		Teilchenzahl-Konzentration von Erythrozyten in einer Blutprobe i , $C(\text{Erys}; B_i)$
Rockwellhärte C, (150 kg Last), HRC (150 kg)		Rockwellhärte C einer Stahlprobe i , $\text{HRC}_i(150 \text{ kg})$

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Referenz kann eine Maßeinheit, ein Messverfahren, ein Referenzstoff oder eine Kombination davon sein. Für den Wert einer Größe siehe 3.19.

Anmerkung 3 zum Begriff: Formelzeichen für Größen sind in den Normenreihen ISO 80000 und IEC 80000, Größen und Einheiten, festgelegt. Formelzeichen für Größen werden kursiv geschrieben. Ein bestimmtes Formelzeichen kann unterschiedliche Größen angeben.

Anmerkung 4 zum Begriff: Eine Größe, wie sie hier festgelegt ist, ist ein Skalar. Ein Vektor oder Tensor, dessen Komponenten Größen sind, wird jedoch ebenfalls als Größe angesehen.

Anmerkung 5 zum Begriff: Der Begriff „Größe“ kann in Unterbegriffe unterteilt werden, z. B. in: „physikalische Größe“, „chemische Größe“ und „biologische Größe“, oder in „Basisgröße“ und „abgeleitete Größe“.

Anmerkung 6 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.1, wo es eine zusätzliche Anmerkung gibt.

3.2

Größenart

Aspekt, der untereinander vergleichbaren Größen gemeinsam ist

Anmerkung 1 zum Begriff: „Größenart“ wird oft zu „Art“ abgekürzt, z. B. in „Größen gleicher Art“.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Unterteilung des Begriffs „Größe“ in mehrere Arten ist bis zu einem gewissen Grade willkürlich.

BEISPIEL 1 Die Größen Durchmesser, Umfang und Wellenlänge werden im Allgemeinen als Größen gleicher Art angesehen, und zwar der Größenart, die als Länge bezeichnet wird.

BEISPIEL 2 Die Größen Wärme, kinetische Energie und potentielle Energie werden im Allgemeinen als Größen gleicher Art angesehen, und zwar der Größenart, die als Energie bezeichnet wird.

Anmerkung 3 zum Begriff: Größen gleicher Art innerhalb eines bestimmten Größensystems haben die gleiche Dimension. Größen gleicher Dimension sind jedoch nicht unbedingt von gleicher Art.

BEISPIEL Die Größen Drehmoment und Energie werden durch Vereinbarung als nicht von gleicher Art betrachtet, obwohl sie die gleiche Dimension haben. Ähnliches gilt für Wärmekapazität und Entropie sowie für Anzahl, Permeabilitätszahl und Massenanteil.

Anmerkung 4 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.2, in welchem „Art“ als zulässige Benennung angeführt wird. Anmerkung 1 wurde hinzugefügt, und Anmerkung 4 wurde weggelassen.

3.3

Größensystem

Menge von Größen zusammen mit einer Menge von widerspruchsfreien Gleichungen, die diese Größen zueinander in Beziehung setzen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ordinalmerkmale (siehe 3.26), wie z. B. die Rockwellhärte HRC, und Nominalmerkmale (siehe 3.30) wie Farbe des Lichtes, werden üblicherweise nicht als Teil eines Größensystems angesehen, da sie mit anderen Größen nur durch empirische Beziehungen verbunden sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.3, wo Anmerkung 1 unterschiedlich ist.

3.4

Basisgröße

Größe in einer durch Vereinbarung ausgewählten Teilmenge eines Größensystems, wobei keine Größe dieser Teilmenge durch die anderen Größen der Teilmenge angegeben werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die in der Definition erwähnte Teilmenge wird als „Menge der Basisgrößen“ bezeichnet.

BEISPIEL Die Menge der Basisgrößen im Internationalen Größensystem (ISQ) ist in 3.6 angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Basisgrößen werden als voneinander unabhängig angesehen, da eine Basisgröße nicht als Produkt von Potenzen der anderen Basisgrößen angegeben werden kann.

Anmerkung 3 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.4, wo die Definition geringfügig unterschiedlich ist. Anmerkung 3 wurde weggelassen.

3.5 abgeleitete Größe

Größe in einem Größensystem, die als Funktion der Basisgrößen dieses Systems definiert ist

BEISPIEL In einem Größensystem mit den Basisgrößen Länge und Masse ist die Massendichte eine abgeleitete Größe, definiert als der Quotient aus Masse und Volumen (Länge hoch drei).

Anmerkung 1 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.5, wo das Beispiel geringfügig unterschiedlich ist.

3.6 Internationales Größensystem ISQ

Größensystem auf der Grundlage der sieben Basisgrößen Länge, Masse, Zeit, elektrische Stromstärke, thermodynamische Temperatur, Stoffmenge und Lichtstärke

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Größensystem ist in den Normen der Reihen ISO 80000 und IEC 80000, Größen und Einheiten, Teile 3 bis 14 veröffentlicht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Internationale Einheitensystem (SI) (siehe 3.16) basiert auf dem ISQ.

Anmerkung 3 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.6, wo Anmerkung 1 unterschiedlich ist.

3.7 Größendimension Dimension einer Größe Dimension

Angabe der Abhängigkeit einer Größe von den Basisgrößen eines Größensystems als ein Produkt von Potenzen von Faktoren, die den Basisgrößen entsprechen, ohne Zahlenfaktor

BEISPIEL 1 Im ISQ wird die Dimension der Kraft mit $\dim F = \text{LMT}^{-2}$ bezeichnet.

BEISPIEL 2 Im selben Größensystem ist $\dim \rho_B = \text{ML}^{-3}$ die Dimension der Massenkonzentration des Bestandteils B; und ML^{-3} ist auch die Dimension der Massendichte, ρ .

BEISPIEL 3 Die Periodendauer T eines Pendels der Länge l an einem Ort mit der Fallbeschleunigung g ist

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{oder} \quad T = C(g)\sqrt{l} \quad \text{wobei gilt} \quad C(g) = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$$

Somit ist $\dim C(g) = T \cdot L^{-1/2}$.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Potenz eines Faktors wird geschrieben als Faktor mit einem Exponenten. Jeder Faktor ist die Dimension einer Basisgröße.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die übliche symbolische Darstellung der Dimension einer Basisgröße ist ein einzelner (geradstehender), serifenloser Großbuchstabe. Die übliche symbolische Darstellung der Dimension einer abgeleiteten

Größe ist das Potenzprodukt der Dimensionen der Basisgrößen entsprechend der Definition der abgeleiteten Größe. Die Dimension einer Größe Q wird mit $\dim Q$ bezeichnet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Beim Ableiten der Dimension einer Größe werden ihr Skalar-, ihr Vektor- oder ihr Tensorcharakter nicht berücksichtigt.

Anmerkung 4 zum Begriff: In einem bestimmten Größensystem

- haben Größen gleicher Art die gleiche Dimension;
- sind Größen unterschiedlicher Dimensionen immer Größen unterschiedlicher Art; und
- sind Größen gleicher Dimension nicht unbedingt Größen gleicher Art.

Anmerkung 5 zum Begriff: Die Dimensionen der Basisgrößen im ISQ werden durch die folgenden Zeichen dargestellt:

Basisgröße	Zeichen der Dimension
Länge	L
Masse	M
Zeit	T
elektrische Stromstärke	I
thermodynamische Temperatur	Θ
Stoffmenge	N
Lichtstärke	J

Die Dimension einer Größe Q lässt sich demnach durch $\dim Q = L^a M^b T^c I^d \Theta^e N^f J^g$ darstellen, wobei die Exponenten, Dimensionsexponenten genannt, positiv, negativ oder null sind. Faktoren mit Exponent Null und der Exponent 1 werden üblicherweise weggelassen. Wenn alle Exponenten Null sind, siehe 3.8.

Anmerkung 6 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.7, wo die Anmerkungen 2 und 5 und die Beispiele 2 und 3 unterschiedlich sind, und wo „Dimension einer Größe“ und „Dimension“ zugelassene Benennungen sind.

3.8

Größe der Dimension Zahl dimensionslose Größe

Größe, für die alle Exponenten der Faktoren, die in ihrer Dimension den Basisgrößen entsprechen, null sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Benennung „dimensionslose Größe“ wird immer noch verwendet und wird hier aus historischen Gründen aufgeführt. Sie leitet sich davon her, dass alle Exponenten in der symbolischen Darstellung der Dimension für solche Größen Null sind. Der Begriff „Größe der Dimension Zahl“ spiegelt wider, dass Größen dieser Dimension reine Zahlen sind. Diese Dimension ist nicht eine Zahl, sondern das neutrale Element für die Multiplikation von Dimensionen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Maßeinheiten und Werte von Größen der Dimension Zahl sind zwar Zahlen, doch vermitteln solche Größen mehr Information als eine Zahl.

Anmerkung 3 zum Begriff: Einige Größen der Dimension Zahl sind festgelegt als die Verhältnisse zweier Größen gleicher Art. Die kohärente Einheit ist die Zahl Eins, Zeichen 1.

BEISPIEL Ebener Winkel, Raumwinkel, Brechzahl, Permeabilitätszahl, Massenanteil, Reibungszahl, Machzahl.

Anmerkung 4 zum Begriff: Anzahlen sind Größen der Dimension Zahl.

BEISPIEL Anzahl der Windungen einer Spule, Anzahl der Moleküle in einer bestimmten Probe, Entartung der Energieniveaus eines Quantensystems.

Anmerkung 5 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.8, wo die Anmerkungen unterschiedlich sind, und wo „dimensionslose Größe“ eine zugelassene Benennung ist.

3.9

Maßeinheit

Einheit im Messwesen

Einheit

reeller skalarer Größenwert, durch Vereinbarung definiert und angenommen, mit dem jeder andere Größenwert gleicher Art verglichen werden kann, um das Verhältnis des zweiten Größenwerts zum ersten als Zahl anzugeben

Anmerkung 1 zum Begriff: Maßeinheiten werden mit Namen und Einheitenzeichen bezeichnet, die durch Vereinbarung festgelegt sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Maßeinheiten von Größen gleicher Dimension können mit demselben Namen und Einheitenzeichen bezeichnet sein, auch wenn die Größen nicht von gleicher Art sind. So sind beispielsweise Joule durch Kelvin und J/K jeweils Name und Einheitenzeichen sowohl von einer Maßeinheit der Wärmekapazität als auch von einer Maßeinheit der Entropie, die im Allgemeinen nicht als Größen gleicher Art angesehen werden. In einigen Fällen jedoch sind spezielle Einheitenamen auf die Verwendung mit Größen einer speziellen Art beschränkt. Beispielsweise wird die Einheit „Sekunde hoch minus eins“ (1/s) als Hertz (Hz) bezeichnet, wenn sie für Frequenzen verwendet wird, und als Becquerel (Bq), wenn sie für die Aktivität von Radionukliden verwendet wird. Als ein anderes Beispiel wird Joule (J) als Einheit der Energie verwendet, aber niemals als Einheit des Drehmoments, d. h. das Newtonmeter (N · m).

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Maßeinheit von Größen der Dimension Zahl ist die Zahl Eins, Zeichen 1. In einigen Fällen haben diese Maßeinheit und ihre Vielfachen oder Teile besondere Namen, z. B. Radiant, Steradian und Dezibel, oder sie werden durch Quotienten angegeben, wie Millimol durch Mol gleich 10^{-3} und Mikrogramm durch Kilogramm gleich 10^{-9} .

Anmerkung 4 zum Begriff: Für eine bestimmte Größe wird die Kurzbezeichnung „Einheit“ oft mit dem Namen der Größe kombiniert, wie z. B. „Masseneinheit“ oder „Einheit der Masse“.

Anmerkung 5 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.9, wo die Definition und die Anmerkungen 2 und 3 unterschiedlich sind und wo „Maßeinheit“ und „Einheit“ zugelassene Begriffe sind.

3.10

Basiseinheit

Maßeinheit, die durch Vereinbarung für eine Basisgröße angenommen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: In jedem kohärenten Einheitensystem gibt es nur eine Basiseinheit für jede Basisgröße.

BEISPIEL Im SI ist der Meter die Basiseinheit der Länge.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Basiseinheit kann auch für eine abgeleitete Größe gleicher Dimension benutzt werden.

BEISPIEL Die abgeleitete Größe Niederschlagsmenge hat, wenn sie als flächenbezogenes Volumen (Volumen durch Fläche) festgelegt ist, im SI den Meter als kohärente abgeleitete Einheit.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für eine Anzahl ist die Zahl Eins, Einheitenzeichen 1, in jedem Einheitensystem die Einheit. Vergleiche Anmerkung 3 in 3.9.

Anmerkung 4 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.10, wo die Anmerkungen geringfügig unterschiedlich sind. Der letzte Satz in Anmerkung 3 wurde hinzugefügt.

3.11

abgeleitete Einheit

Maßeinheit für eine abgeleitete Größe

BEISPIEL Der Meter durch Sekunde, Einheitenzeichen m/s, und der Zentimeter durch Sekunde, Einheitenzeichen cm/s, sind im SI abgeleitete Einheiten der Geschwindigkeit. Der Kilometer durch Stunde, Einheitenzeichen km/h, ist eine Einheit der Geschwindigkeit außerhalb des SI, die aber zum Gebrauch zusammen mit dem SI akzeptiert ist. Der Knoten, der einer Seemeile durch Stunde entspricht, ist eine Einheit der Geschwindigkeit außerhalb des SI.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 1.11]

3.12

kohärente abgeleitete Einheit

abgeleitete Einheit, die für ein Größensystem und eine ausgewählte Menge von Basiseinheiten ein Produkt von Potenzen von Basiseinheiten nur mit dem Proportionalitätsfaktor eins ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Potenz einer Basiseinheit ist die Basiseinheit, versehen mit einem Exponenten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kohärenz kann nur im Hinblick auf ein bestimmtes Größensystem und eine bestimmte Menge von Basiseinheiten festgestellt werden.

BEISPIEL Wenn der Meter, die Sekunde und das Mol Basiseinheiten sind, ist der Meter durch Sekunde die kohärente abgeleitete Einheit der Geschwindigkeit, wenn die Geschwindigkeit durch die Größengleichung $v = dr/dt$ festgelegt ist, und das Mol durch Kubikmeter ist die kohärente abgeleitete Einheit der Stoffmengenkonzentration, wenn die Stoffmengenkonzentration durch die Größengleichung $c = n/V$ festgelegt ist. Der Kilometer durch Stunde und der Knoten, die in 3.11 als Beispiele für abgeleitete Einheiten angegeben sind, sind in einem solchen Größensystem keine kohärenten abgeleiteten Einheiten.

Anmerkung 3 zum Begriff: Eine abgeleitete Einheit kann im Hinblick auf ein Größensystem kohärent sein, aber im Hinblick auf ein anderes nicht.

BEISPIEL Der Zentimeter durch Sekunde war die kohärente abgeleitete Einheit der Geschwindigkeit in einem CGS-Einheitensystem; im SI ist er jedoch keine kohärente abgeleitete Einheit.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die kohärente Einheit für jede abgeleitete Größe der Dimension Zahl in einem bestimmten Einheitensystem ist die Zahl Eins, Einheitenzeichen 1. Name und Einheitenzeichen der Maßeinheit Eins werden im Allgemeinen nicht angegeben.

Anmerkung 5 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 3.12, wo die Anmerkungen 2 und 3 geringfügig unterschiedlich sind.

3.13

Einheitensystem

Menge von Basiseinheiten und abgeleiteten Einheiten, zusammen mit ihren Vielfachen und Teilen, festgelegt für ein Größensystem nach vorgegebenen Regeln

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 1.13]

3.14

kohärentes Einheitensystem

Einheitensystem, das auf einem Größensystem basiert, in dem die Maßeinheit für jede abgeleitete Größe eine kohärente abgeleitete Einheit ist

BEISPIEL Menge von kohärenten SI-Einheiten und die Beziehungen zwischen ihnen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Einheitensystem kann nur im Hinblick auf ein Größensystem und die gewählten Basiseinheiten kohärent sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für ein kohärentes Einheitensystem haben Zahlenwertgleichungen dieselbe Form, einschließlich der Zahlenfaktoren, wie die entsprechenden Größengleichungen. Siehe Beispiele von Zahlenwertgleichungen in 3.25.

Anmerkung 3 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.14, wo Anmerkung 2 unterschiedlich ist.

3.15

systemfremde Maßeinheit **systemfremde Einheit**

Maßeinheit, die nicht zum betrachteten Einheitensystem gehört

BEISPIEL 1 Das Elektronvolt ($\approx 1,602\,18 \times 10^{-19}$ J) ist in Bezug auf das SI eine systemfremde Maßeinheit der Energie.

BEISPIEL 2 Tag, Stunde, Minute sind in Bezug auf das SI systemfremde Maßeinheiten der Zeit.

Anmerkung 1 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.15, wo das Beispiel 1 unterschiedlich ist und in welchem „systemfremde Einheit“ als zulässige Benennung angeführt wird.

3.16

Internationales Einheitensystem **SI**

Einheitensystem auf der Grundlage des Internationalen Größensystems, das die Namen und Zeichen der Einheiten, eine Reihe von Vorsätzen mit ihren Namen und Zeichen sowie Regeln für ihre Anwendung umfasst und das von der Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) angenommen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Das SI basiert auf den sieben Basisgrößen des ISQ sowie den Namen und Zeichen der entsprechenden Basiseinheiten, siehe 6.5.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Basiseinheiten und die kohärenten abgeleiteten Einheiten des SI bilden eine kohärente Menge, die als „Menge der kohärenten SI-Einheiten“ bezeichnet wird.

Anmerkung 3 zum Begriff: Eine vollständige Beschreibung und Erläuterung des Internationalen Einheitensystems, siehe Ausgabe 8 der SI-Broschüre, herausgegeben vom Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) und auf den Webseiten des BIPM verfügbar.

Anmerkung 4 zum Begriff: Im Größenkalkül wird die Größe „Anzahl“ oft als Basisgröße angesehen, mit der Basisinheit Eins, Einheitenzeichen 1.

Anmerkung 5 zum Begriff: Für die SI-Vorsätze für Vielfache und Teile von Einheiten siehe 6.5.4.

Anmerkung 6 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.16, wo die Anmerkungen 1 und 5 unterschiedlich sind.

3.17

Vielfaches einer Einheit

Maßeinheit, die durch Multiplikation einer Maßeinheit mit einer ganzen Zahl, die größer als eins ist, erhalten wird

BEISPIEL 1 Der Kilometer ist ein dezimales Vielfaches des Meters.

BEISPIEL 2 Die Stunde ist ein nichtdezimales Vielfaches der Sekunde.

Anmerkung 1 zum Begriff: SI-Vorsätze für dezimale Vielfache der SI-Basiseinheiten und der abgeleiteten SI-Einheiten sind in 6.5.4 angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: SI-Vorsätze sind strikt auf Potenzen von 10 beschränkt und sollten nicht für Potenzen von 2 verwendet werden. So sollte z. B. 1 kbit nicht zur Darstellung von 1024 bits (210 bits) was 1 Kibibit (1 Kibit) ist, verwendet werden.

Die Vorsätze für binäre Vielfache sind:

Faktor	Wert	Vorsatz	
		Name	Zeichen
$(2^{10})^8$	1 208 925 819 614 629 174 706 176	Yobi	Yi
$(2^{10})^7$	1 180 591 620 717 411 303 424	Zebi	Zi
$(2^{10})^6$	1 152 921 504 606 846 976	Exbi	Ei
$(2^{10})^5$	1 125 899 906 842 624	Pebi	Pi
$(2^{10})^4$	1 099 511 627 776	Tebi	Ti
$(2^{10})^3$	1 073 741 824	Gibi	Gi
$(2^{10})^2$	1 048 576	Mebi	Mi
$(2^{10})^1$	1 024	Kibi	Ki

[QUELLE: IEC 80000-13:2008]

Anmerkung 3 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.17, wo die Anmerkungen 1 und 2 unterschiedlich sind.

3.18

Teil einer Einheit

Maßeinheit, die durch Division einer Maßeinheit durch eine ganze Zahl, die größer als eins ist, erhalten wird

BEISPIEL 1 Der Millimeter ist ein dezimaler Teil des Meters.

BEISPIEL 2 Für einen ebenen Winkel ist die Sekunde ein nichtdezimaler Teil der Minute.

Anmerkung 1 zum Begriff: SI-Vorsätze für dezimale Teile der SI-Basiseinheiten und der abgeleiteten SI-Einheiten sind in 6.5.4 angegeben.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 1.18]

3.19

Größenwert

Wert einer Größe

Wert

Zahlenwert und Referenz, die zusammen eine Größe quantitativ angeben

BEISPIEL 1 Länge eines Stabes: 5,34 m oder 534 cm

BEISPIEL 2 Masse eines Körpers: 0,152 kg oder 152 g

BEISPIEL 3 Krümmung eines Bogens: 112 m^{-1}

BEISPIEL 4 Temperatur einer Probe: $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

BEISPIEL 5	Impedanz eines Netzwerkelements bei einer betrachteten Frequenz, wobei j die imaginäre Einheit ist:	$(7 + 3j) \Omega$
BEISPIEL 6	Brechzahl einer Glasprobe:	1,32
BEISPIEL 7	Massenanteil von Cadmium in einer Kupferprobe:	3 $\mu\text{g/kg}$ oder 3×10^{-9}
BEISPIEL 8	Molalität von Pb^{2+} in einer Wasserprobe:	1,76 $\mu\text{mol/kg}$

Anmerkung 1 zum Begriff: Entsprechend der Art der Referenz ist ein Größenwert das Produkt aus einer Zahl und einer Maßeinheit (siehe Beispiele 1, 2, 3, 4, 5, 8 und 8); die Maßeinheit Eins wird im Allgemeinen für Größen der Dimension Zahl nicht angegeben (siehe Beispiele 6 und 7).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Zahl kann komplex sein (siehe Beispiel 5).

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein Größenwert kann auf mehr als eine Weise dargestellt werden (siehe Beispiele 1, 2 und 7).

Anmerkung 4 zum Begriff: Im Falle von Vektor- oder Tensorgrößen hat jede Komponente einen Größenwert.

BEISPIEL Eine auf ein Teilchen wirkende Kraft, z. B. in kartesischen Komponenten $(F_x; F_y; F_z) = (-31,5; 43,2; 17,0) \text{ N}$, wobei $(-31,5; 43,2; 17,0)$ ein numerischer Vektor und N (Newton) die Einheit ist, oder $(F_x; F_y; F_z) = (-31,5 \text{ N}; 43,2 \text{ N}; 17,0 \text{ N})$, wo jede Komponente eine Größe ist.

Anmerkung 5 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.19, wo die Beispiele 7 und 10 weggelassen wurden und die Anmerkungen 1 und 4 unterschiedlich sind, und wo „Wert einer Größe“ und „Wert“ zugelassene Benennungen sind.

3.20

Zahlenwert einer Größe

numerischer Wert einer Größe

Zahlenwert

Zahl in der Angabe eines Größenwerts, die keine als Referenz dienende Zahl ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Größen der Dimension Zahl ist die Referenz eine Maßeinheit, die eine Zahl ist, und diese wird nicht als Teil des Zahlenwerts angesehen.

BEISPIEL In einem Stoffmengenanteil entsprechend 3 mmol/mol beträgt der Zahlenwert der Größe 3 und die Einheit ist mmol/mol. Die Einheit mmol/mol entspricht 0,001, aber diese Zahl, 0,001, ist nicht Teil des Zahlenwerts der Größe, der weiterhin 3 beträgt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für Größen, die eine Maßeinheit haben (d. h. andere Größen als Ordinalgrößen), wird der Zahlenwert $\{Q\}$ einer Größe Q häufig als $\{Q\} = Q/[Q]$ bezeichnet, wobei $[Q]$ die Maßeinheit bezeichnet.

BEISPIEL Für einen Größenwert von $m = 5,721 \text{ kg}$ beträgt der Zahlenwert $\{m\} = (5,721 \text{ kg})/\text{kg} = 5,721$. Derselbe Größenwert kann als 5 721 g angegeben werden, wobei der Zahlenwert in diesem Fall $\{m\} = (5\,721 \text{ g})/\text{g} = 5\,721$ ist. Siehe 3.19.

Anmerkung 3 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.20, wo die Anmerkungen 1 und 2 unterschiedlich sind und wo „Zahlenwert einer Größe“ und „Zahlenwert“ zugelassene Begriffe sind.

3.21

Größenskalkül

Menge von mathematischen Regeln und Operationen, angewendet auf Größen

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Größenskalkül werden Größengleichungen den Zahlenwertgleichungen vorgezogen, weil Größengleichungen unabhängig von der Wahl der Maßeinheiten sind, während Zahlenwertgleichungen dies nicht sind (siehe auch 4.2 und 6.3).

Anmerkung 2 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, 1.19.

3.22

Größengleichung

mathematische Beziehung zwischen Größen eines Größensystems, unabhängig von den Maßeinheiten

BEISPIEL 1 $Q_1 = \zeta Q_2 Q_3$, wobei Q_1 , Q_2 und Q_3 unterschiedliche Größen bezeichnen und ζ ein Zahlenfaktor ist.

BEISPIEL 2 $T = (1/2) m v^2$, wobei T die kinetische Energie und v die Geschwindigkeit eines Teilchens der Masse m sind.

BEISPIEL 3 $n = It / F$, wobei n die Stoffmenge einer einwertigen Komponente, I die elektrische Stromstärke, t die Dauer der Elektrolyse und F die Faraday-Konstante sind.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 1.22]

3.23

Einheitengleichung

mathematische Beziehung zwischen Basiseinheiten, kohärenten abgeleiteten Einheiten oder anderen Maßeinheiten

BEISPIEL 1 Für die Größen in 3.22, Beispiel 1 ist $[Q_1] = [Q_2] [Q_3]$, wobei $[Q_1]$, $[Q_2]$ und $[Q_3]$ jeweils die Maßeinheiten von Q_1 , Q_2 und Q_3 bezeichnen, unter der Voraussetzung, dass dies Maßeinheiten eines **kohärenten** Einheitensystems sind.

BEISPIEL 2 $J := \text{kg m}^2/\text{s}^2$, wobei J, kg, m, und s die Einheitenzeichen für das Joule, das Kilogramm, den Meter bzw. die Sekunde sind. (Das Zeichen $:=$ bedeutet: „definitionsgemäß gleich“ nach ISO 80000-2:2009, Nr. 2-7.3).

BEISPIEL 3 $1 \text{ km/h} = (1/3,6) \text{ m/s}$.

Anmerkung 1 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.23, wo das Beispiel 2 unterschiedlich ist.

3.24

Umrechnungsfaktor zwischen Einheiten

Verhältnis von zwei Maßeinheiten für Größen gleicher Art

BEISPIEL $\text{km/m} = 1\,000$ und somit $1 \text{ km} = 1\,000 \text{ m}$.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheiten können unterschiedlichen Einheitensystemen angehören.

BEISPIEL 1 $\text{h/s} = 3\,600$ und somit $1 \text{ h} = 3\,600 \text{ s}$.

BEISPIEL 2 $(\text{km/h})/(\text{m/s}) = (1/3,6)$ und somit $1 \text{ km/h} = (1/3,6) \text{ m/s}$.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 1.24]

3.25

Zahlenwertgleichung

Gleichung des Zahlenwertes einer Größe

mathematische Beziehung zwischen Zahlenwerten, auf der Grundlage einer Größengleichung und festgelegter Maßeinheiten

BEISPIEL 1 Für die Größen im ersten Beispiel von 3.22 ist $\{Q_1\} = \zeta \{Q_2\} \{Q_3\}$, wobei $\{Q_1\}$, $\{Q_2\}$ und $\{Q_3\}$ jeweils die Zahlenwerte von Q_1 , Q_2 und Q_3 bezeichnen, vorausgesetzt, sie sind in Basiseinheiten oder in kohärenten abgeleiteten Einheiten oder in beiden angegeben.

BEISPIEL 2 In der Größengleichung für die kinetische Energie eines Teilchens, $T = (1/2)mv^2$ mit $m = 2$ kg und $v = 3$ m/s, ist $\{T\} = (1/2) \times 2 \times 3^2$ eine Zahlenwertgleichung, die den Zahlenwert 9 von T in Joule angibt.

Anmerkung 1 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.25, in welchem „Zahlenwertgleichung“ als zulässige Benennung angeführt ist.

3.26

Ordinalmerkmal

durch ein vereinbartes Verfahren festgelegtes Merkmal, das mit anderen Merkmalen gleicher Art nach zunehmendem oder abnehmendem Wert geordnet werden kann, für das aber keine algebraischen Beziehungen zwischen diesen Merkmalen existieren

BEISPIEL 1 Rockwellhärte HRC.

BEISPIEL 2 Oktanzahl für Otto-Kraftstoff.

BEISPIEL 3 Stärke von Erdbeben auf der Richter-Skala.

BEISPIEL 4 Subjektives Schmerzempfinden bei Leibschmerzen auf einer Skala von 0 bis 5.

Anmerkung 1 zum Begriff: Zwischen Ordinalmerkmalen kann es nur empirische Beziehungen geben; sie haben weder Maßeinheiten noch Größendimensionen. Differenzen und Verhältnisse zwischen Ordinalmerkmalen haben keine physikalische Bedeutung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ordinalmerkmale sind in Ordinalskalen angeordnet (siehe 3.28).

Anmerkung 3 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.26, wo „Ordinalmerkmal“ als zugelassene Benennung angegeben ist.

3.27

Größenwertskala

Messskala

geordnete Menge von Werten von Größen einer Art, die zur Ordnung von Größen dieser Art nach zunehmendem oder abnehmendem Wert verwendet wird

BEISPIEL 1 Celsius-Temperaturskala.

BEISPIEL 2 Zeitskala.

Anmerkung 1 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.27, wo „measurement scale“ als zugelassene Benennung angegeben ist und BEISPIEL 3 weggelassen wurde.

3.28

Ordinalskala

Größenwertskala für Ordinalgrößen

Skala für Ordinalmerkmale

BEISPIEL 1 Rockwellhärte HRC.

BEISPIEL 2 Skala der Oktanzahlen für Otto-Kraftstoff.

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Ordinalskala kann durch Messungen entsprechend einem Messverfahren gebildet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, 1.28, wo „Größenwertskala für Ordinalgrößen“ als zugelassene Benennung angegeben ist.

3.29

Referenzwertskala

Größenwertskala, definiert durch formelle Vereinbarung

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.29]

3.30

Nominalmerkmal

Eigenschaft eines Phänomens, eines Körpers oder einer Substanz, die nicht quantifizierbar ist

- BEISPIEL 1 Geschlecht einer Person.
- BEISPIEL 2 Farbe eines Farbmusters.
- BEISPIEL 3 Farbe einer Tüpfelprobe in der Chemie.
- BEISPIEL 4 Zweibuchstabiger Ländercode der ISO.
- BEISPIEL 5 Sequenz von Aminosäuren in einem Polypeptid.

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Nominalmerkmal hat einen Wert, der in Worten, durch alphanumerische Codes oder durch andere Mittel angegeben werden kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: „Nominalmerkmalswert“ darf nicht mit „Nennwert“ verwechselt werden, der in dieser Internationalen Norm nicht verwendet wird.

Anmerkung 3 zum Begriff: In Anlehnung an ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 1.30, wo Anmerkung 2 unterschiedlich ist.

4 Größen

4.1 Der Größenbegriff

In dieser Internationalen Norm werden *Größen* behandelt, die für die quantitative Beschreibung eines Phänomens, einer Substanz oder eines Körpers verwendet werden.

Ordinalmerkmale, angeordnet nach Ordinalskalen (wie die Beaufort-Skala, die Richter-Skala und Farb-Intensitäts-Skalen) oder angegeben als Ergebnis konventioneller Prüfungen (z. B. Härte und Korrosionsbeständigkeit) werden hier nicht behandelt. Auch *Nominalmerkmale*, wie das Geschlecht eines Menschen, die ISO-Zweibuchstaben-Ländercodes oder Währungen werden hier nicht behandelt.

4.2 Größenart — Größenkalkül

Größen dürfen in Kategorien gruppiert werden, die miteinander vergleichbar sind. Durchmesser, Entfernungen, Höhen, Wellenlängen und so weiter würden solch eine Kategorie begründen, allgemein als *Länge* bezeichnet. Miteinander vergleichbare Größen werden als *Größen gleicher Art* bezeichnet.

Mathematische Operationen können auf Größen wie nachstehend erklärt angewendet werden.

Zwei oder mehr Größen können nicht addiert oder subtrahiert werden, wenn sie nicht derselben Kategorie miteinander vergleichbarer Größen angehören. Deshalb müssen Größen auf beiden Seiten eines Gleichheitszeichens in einer Gleichung auch von der gleichen Art sein.

Größen werden miteinander oder mit reinen Zahlen multipliziert und dividiert entsprechend den Regeln der Algebra und ergeben neue Größen.

Die Ausführung der mathematischen Operationen Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division von Größen wird als *Größenskalkül* bezeichnet. Im Größenskalkül sollten die algebraischen Terme Größen oder Zahlen sein.

4.3 Größensystem — Basisgrößen und abgeleitete Größen

Größen stehen in Beziehung durch Gleichungen, die Naturgesetze angeben oder neue Größen festlegen. Jede Gleichung zwischen Größen wird als *Größengleichung* bezeichnet.

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

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

4.4 Universalkonstanten und empirische Konstanten

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

BEISPIEL 1 Die Planck-Konstante.

BEISPIEL 2 Die Faraday-Konstante.

Andere Größen sind möglicherweise unter einigen Umständen konstant, aber von anderen abhängig. 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 Pendeln an einem bestimmten Ort können durch folgende Größengleichung angegeben werden:

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

wobei C eine ortsabhängige empirische Konstante ist.

Die Theorie zeigt, dass

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

ist, wobei g die lokale Fallbeschleunigung ist, welche eine andere empirische Konstante ist.

4.5 Konstante Faktoren in Größengleichungen

Gleichungen zwischen Größen enthalten manchmal konstante Faktoren. 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 *numerische Faktoren* bezeichnet.

Ein Faktor darf eine oder mehrere Universalkonstanten enthalten.

BEISPIEL

Im ISQ ist das Coulomb-Gesetz für elektrische Ladungen

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

Hierbei ist F die Kraft, q_1 und q_2 sind zwei elektrische Ladungen, r ist der Abstand und ϵ_0 ist eine Universalkonstante, d. h. die elektrische Feldkonstante.

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

Konstante Faktoren, die keine numerischen Faktoren sind, werden oft als *Koeffizienten* bezeichnet.

4.6 Internationales Größensystem, ISQ

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

5 Größendimension

Im betrachteten Größensystem kann jede Größe Q als Funktion der Basisgrößen durch eine Gleichung angegeben werden. Die Angabe darf aus einer Summe von Termen bestehen. Jeder dieser Terme kann als Potenzprodukt der Basisgrößen $A, B, C, \dots$ von einem ausgewählten Satz angegeben werden, manchmal multipliziert mit einem Zahlenfaktor ξ , d. h. $\xi A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots$, wobei der Satz der Exponenten $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ für jeden Term der gleiche ist.

Die *Dimension* (siehe 3.7) der Größe Q wird dann angegeben durch das *Dimensionsprodukt*

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

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

Eine Größe, deren Dimensionsexponenten alle gleich Null sind, hat als Dimensionsprodukt $A^0 B^0 C^0 \dots$. Eine solche Größe wird als *Größe der Dimension Zahl* bezeichnet.

ANMERKUNG Aus historischen Gründen wird eine Größe der Dimension Zahl oft als *dimensionslos* bezeichnet. Siehe Anmerkung 1 in 3.8.

Im ISQ mit den sieben Basisgrößen Länge, Masse, Zeit, elektrische 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

$$\dim Q = L^a M^b T^c I^d \Theta^e N^f J^g$$

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	$L^2MT^{-2}I^{-1}$
Leuchtdichte	$L^{-2}J$
Molare Entropie	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}N^{-1}$
Wirkungsgrad	1

6 Einheiten

6.1 Einheiten und Zahlenwerte

Wenn ein bestimmter Beispielwert einer Größe einer gegebenen Art als Referenzwert, *Einheit* genannt, (siehe 3.9) ausgewählt ist, dann kann ein beliebiger anderer Wert einer Größe der gleichen Art mittels dieser Einheit als Produkt dieser Einheit und eines Zahlenwertes angegeben werden. Diese Zahl wird der *Zahlenwert* des Größenwertes mit dieser Einheit genannt.

BEISPIEL 1 Die Wellenlänge einer der Natrium-Spektrallinien ist

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

Hier ist λ das Zeichen für die 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 formalen Behandlungen von Größenwerten und Einheiten, darf diese Beziehung in der Form

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

angegeben werden, wobei q das Zeichen für den Größenwert, $[Q]$ das Zeichen für die Einheit und $\{Q\}$ das Zeichen für den Zahlenwert der Größe Q , angegeben in der Einheit $[Q]$ ist. Für Vektoren und Tensoren sind die Komponenten Größen und können wie oben beschrieben angegeben werden. Vektoren und Tensoren können auch als Zahlenwert-Vektor beziehungsweise Zahlenwert-Tensor multipliziert mit einer Einheit angegeben werden.

Wenn ein Größenwert in einer anderen Einheit angegeben ist, die das k fache der ersten Einheit ist, wird der neue Zahlenwert das $1/k$ fache des ersten Zahlenwerts, weil der Größenwert 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 Meter ist, führt zu einem Zahlenwert, der das 10^9 fache des Zahlenwerts der Größe angegeben in Meter ist.

Somit ist

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

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 oftmals vorzuziehen, den Zahlenwert als das Verhältnis der Größe zur Einheit anzugeben.

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

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

6.2 Mathematische Verfahren

Das Produkt und der Quotient der Werte zweier Größen Q_1 und Q_2 genügen den Relationen

$$q_1 q_2 = \{Q_1\} \{Q_2\} \cdot [Q_1] [Q_2]$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\{Q_1\}}{\{Q_2\}} \cdot \frac{[Q_1]}{[Q_2]}$$

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 $Q_1 Q_2$. Entsprechend 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

$$v = l/t$$

wobei l die in der Zeit t zurückgelegte Entfernung ist.

Somit ist die Geschwindigkeit v , falls der Partikel eine Entfernung $l = 6 \text{ m}$ in der Zeit $t = 2 \text{ s}$ durchläuft, 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“ bezeichnet, aber nicht als „A pro 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 der Dimension Zahl (siehe Abschnitt 5).

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

Das Verhältnis von zwei Größen der gleichen Art und eine beliebige Funktion dieses Verhältnisses, wie der Logarithmus dieses Verhältnisses, sind verschiedene Größen, obwohl sie die gleiche physikalische Situation beschreiben.

BEISPIEL 3 p/p_0 und $\ln(p/p_0)$ sind verschiedene Größen, wobei p den Druck bezeichnet. Es wird darauf hingewiesen, dass in der Mathematik für Zahlen $\ln(p/p_0) = \ln p - \ln p_0$ gilt, aber dass $\ln p$ und $\ln p_0$ im Größenkalkül keine Bedeutung haben.

6.3 Größengleichungen und Zahlenwertgleichungen

Die drei oben eingeführten Gleichungstypen, d. h. Größengleichungen, Zahlenwertgleichungen und Einheitengleichungen werden in Wissenschaft und Technik benutzt. Größengleichungen und Zahlenwertgleichungen werden allgemein benutzt, Einheitengleichungen werden weniger häufig benutzt.

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 gewöhnlich bevorzugt und wird dringend empfohlen.

BEISPIEL

Eine einfache Größengleichung ist

$$v = l/t$$

wie in 6.2. angegeben.

Wenn beispielsweise Kilometer durch Stunde (Zeichen km/h), Meter (Zeichen m) und Sekunde (Zeichen s) als die Einheiten für Geschwindigkeit, Entfernung bzw. Dauer benutzt 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 speziellen Wahl der Einheiten; mit einer anderen 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 wegzulassen. Wenn Indizes nicht verwendet werden, müssen die Einheiten im gleichen Zusammenhang deutlich angegeben werden.

6.4 Kohärente Einheitensysteme

Einheiten könnten beliebig gewählt werden, aber eine unabhängige Wahl der Einheit für jede Größe würde 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 solches 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 als Funktionen der Basiseinheiten in Übereinstimmung mit den Gleichungen im Größensystem angegeben. Die Einheiten der abgeleiteten Größen werden als *abgeleitete Einheiten* bezeichnet. Ein auf diese Weise definiertes Einheitensystem wird als *kohärent* in Bezug auf das Größensystem 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. Insbesondere erhält eine Größe der Dimension Zahl die Einheit Eins, Zeichen 1. In einem solchen kohärenten Einheitensystem erscheint kein anderer numerischer Faktor als 1 in den Termen für die abgeleiteten Einheiten als Funktion der Basiseinheiten.

6.5 Das Internationale Einheitensystem, SI

6.5.1 Allgemeines

Das *Internationale Einheitensystem*, in allen Sprachen als *SI* bezeichnet, wurde von der 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht angenommen, CGPM [1960] (*Conférence générale des poids et mesures*). Das SI ist ein kohärentes Einheitensystem in Bezug zum ISQ.

Das SI umfasst

- Basiseinheiten; und
 - abgeleitete Einheiten,
- die zusammen das kohärente System der SI-Einheiten bilden.

6.5.2 SI-Basiseinheiten

Die sieben SI-Basiseinheiten sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1 — SI-Basiseinheiten für die ISQ-Basisgrößen

ISQ-Basisgröße	SI-Basiseinheit	
	Name	Zeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	Ampere	A
thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd

6.5.3 Abgeleitete SI-Einheiten

Die Terme für die kohärenten abgeleiteten SI-Einheiten als Funktion der SI-Basiseinheiten können aus den Dimensionsprodukten der entsprechenden abgeleiteten ISQ-Größen durch die folgenden formalen Substitutionen hergeleitet werden:

$$\begin{array}{ll}
 L \rightarrow m & \Theta \rightarrow K \\
 M \rightarrow kg & N \rightarrow mol \\
 T \rightarrow s & J \rightarrow cd \\
 I \rightarrow A &
 \end{array}$$

Diese Substitutionen sind reversibel. Daher kann die Dimension einer abgeleiteten Größe im ISQ von ihrer kohärenten abgeleiteten SI-Einheit als Funktion der Basiseinheiten abgeleitet werden.

BEISPIEL 1

Größe	Zeichen für die abgeleitete SI-Einheit, angegeben als Funktion der SI-Basiseinheiten	Größe	Zeichen für die abgeleitete SI-Einheit, angegeben als Funktion der SI-Basiseinheiten
Geschwindigkeit	m/s	Elektrisches Potenzial	$kg \cdot m^2 / (s^3 \cdot A)$
Frequenz	s^{-1}	Magnetischer Fluss	$kg \cdot m^2 / (s^2 \cdot A)$
Kraft	$kg \cdot m/s^2$	Photonenbestrahlungsstärke	s^{-1}/m^2
Energie	$kg \cdot m^2/s^2$	Molare Entropie	$kg \cdot m^2 / (s^2 \cdot K \cdot mol)$
Entropie	$kg \cdot m^2 / (s^2 \cdot K)$	Wirkungsgrad	1

Weder Dimensionen noch Einheiten enthalten irgendeinen Zahlenfaktor anders als Eins. Dimensionen beziehen sich auf ein Größensystem, während sich Einheiten auf ein spezifisches mit dem Größensystem kohärentes Einheitensystem beziehen.

Für einige der abgeleiteten SI-Einheiten existieren spezielle Namen und Zeichen; die von der CGPM angenommenen sind in den Tabellen 2 und 3 aufgelistet.

Es ist oft vorteilhaft, spezielle Namen und Zeichen für zusammengesetzte Einheiten zu verwenden.

BEISPIEL 2

Mit der abgeleiteten Einheit Joule, $1 \text{ J} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}/\text{s}^2$ darf das Zeichen für die Einheit der molaren Entropie $\text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ geschrieben werden.

Mit der abgeleiteten Einheit Volt, $1 \text{ V} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{A})$, darf das Zeichen für die Einheit des magnetischen Flusses $\text{V} \cdot \text{s}$ geschrieben werden.

Tabelle 2 — Abgeleitete SI-Einheiten mit speziellen Namen und Zeichen

Abgeleitete ISQ-Größe	Abgeleitete SI-Einheit		
	Spezieller Name	Spezielles Zeichen	Angegeben in SI-Basiseinheiten und abgeleiteten SI-Einheiten
ebener Winkel	Radian	rad	$\text{rad} = \text{m}/\text{m} = 1$
Raumwinkel	Steradian	sr	$\text{sr} = \text{m}^2/\text{m}^2 = 1$
Frequenz	Hertz	Hz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
Kraft	Newton	N	$\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
Druck, mechanische Spannung	Pascal	Pa	$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$
Energie	Joule	J	$\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$
Leistung	Watt	W	$\text{W} = \text{J}/\text{s}$
elektrische Ladung	Coulomb	C	$\text{C} = \text{A} \cdot \text{s}$
elektrische Potenzialdifferenz	Volt	V	$\text{V} = \text{W}/\text{A}$
Kapazität	Farad	F	$\text{F} = \text{C}/\text{V}$
elektrischer Widerstand	Ohm	Ω	$\Omega = \text{V}/\text{A}$
elektrischer Leitwert	Siemens	S	$\text{S} = \Omega^{-1}$
magnetischer Fluss	Weber	Wb	$\text{Wb} = \text{V} \cdot \text{s}$
magnetische Flussdichte	Tesla	T	$\text{T} = \text{Wb}/\text{m}^2$
Induktivität	Henry	H	$\text{H} = \text{Wb}/\text{A}$
Celsius-Temperatur	Grad Celsius	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C} = \text{K}$
Lichtstrom	Lumen	lm	$\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{sr}$
Beleuchtungsstärke	Lux	lx	$\text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2$

Tabelle 3 — Abgeleitete SI-Einheiten mit speziellen Namen und Zeichen, die aus Gründen der Sicherheit im Gesundheitswesen zugelassen sind

Abgeleitete ISQ-Größe	Abgeleitete SI-Einheit		
	Spezieller Name	Spezielles Zeichen	Angegeben in SI-Basiseinheiten und abgeleiteten SI-Einheiten
Aktivität (eines Radionuklids)	Becquerel	Bq	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
Energiedosis	Gray	Gy	$\text{Gy} = \text{J/kg}$
Äquivalentdosis	Sievert	Sv	$\text{Sv} = \text{J/kg}$
katalytische Aktivität	Katal	kat	$\text{kat} = \text{mol/s}$

Es sollte beachtet werden, dass eine abgeleitete SI-Einheit in einigen Fällen gleich einer SI-Basiseinheit sein kann. Beispielsweise wird die Niederschlagsmenge als flächenbezogenes Volumen (Volumen durch Fläche) angegeben, welches eine abgeleitete Größe und deshalb in einer abgeleiteten Einheit angegeben wird. Die kohärente SI-Einheit ist Kubikmeter geteilt durch Quadratmeter gleich Meter, welches auch eine SI-Basiseinheit ist, Zeichen $\text{m}^3/\text{m}^2 = \text{m}$.

Die Einheit Eins, Zeichen 1, ist eine spezielle SI-Einheit, beispielsweise ist die abgeleitete SI-Einheit für die Reibungszahl Newton durch Newton gleich Eins, Zeichen $\text{N/N} = 1$. Zu beachten ist jedoch die Einheit Eins für die Größe Anzahl, z. B. die Zahl der Protonen in einem Atom. Hier kann die Größe Anzahl nicht als Funktion anderer Basisgrößen angegeben werden.

6.5.4 SI-Vorsätze

Um große oder kleine Zahlenwerte zu vermeiden, werden dezimale Vielfache und Teile der kohärenten SI-Einheiten mit den in Tabelle 4 aufgelisteten SI-Vorsätzen gebildet. Diese *Vielfachen* und *Teile von SI-Einheiten* sind nicht kohärent in Bezug auf das ISQ.

Tabelle 4 — SI-Vorsätze

Faktor	Vorsatz	
	Name	Zeichen
10^{24}	Yotta	Y
10^{21}	Zetta	Z
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T
10^9	Giga	G
10^6	Mega	M
10^3	Kilo	k
10^2	Hekto	h
10^1	Deka	da

Faktor	Vorsatz	
	Name	Zeichen
10^{-1}	Dezi	d
10^{-2}	Zenti	c
10^{-3}	Milli	m
10^{-6}	Mikro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Piko	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-18}	Atto	a
10^{-21}	Zepto	z
10^{-24}	Yocto	y

Das Vorsatzzeichen wird direkt mit einem einzelnen Einheitenzeichen kombiniert und bildet mit ihm ein neues Zeichen für ein dezimales Vielfaches oder einen dezimalen Teil, das zu einer positiven oder negativen Potenz erhoben werden kann und das mit anderen Einheitenzeichen kombiniert werden kann, um Zeichen für zusammengesetzte Einheiten zu bilden.

BEISPIEL 1

$$1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ }\mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$$

$$1 \text{ }\Omega/\text{km} = 1 \text{ }\Omega/(10^3 \text{ m}) = 10^{-3} \text{ }\Omega/\text{m}$$

Zusammengesetzte Vorsatzzeichen dürfen nicht verwendet werden.

BEISPIEL 2 Für 10^{-9} m wird nm (Nanometer) geschrieben, nicht jedoch m μ m.

ANMERKUNG 1 Aus historischen Gründen enthält die SI-Basiseinheit der Masse, das Kilogramm, den SI-Vorsatz „Kilo“. Die Namen der dezimalen Vielfachen und Teile des Kilogramm werden dadurch gebildet, dass die Vorsatzzeichen zur Teileinheit Gramm (Zeichen g) hinzugefügt werden, z. B. Milligramm, Zeichen mg anstatt Mikrokilogramm (μkg).

Die SI-Vorsätze bezeichnen exakt Potenzen von 10. Sie dürfen nicht benutzt werden, um binäre Vielfache zu bezeichnen. Vorsätze für binäre Vielfache sind in 3.17 angegeben. Zusätzliche Informationen über den Ursprung und die Herleitung dieser Vielfachen sind in IEC 80000-13:2008, Abschnitt 4, angegeben.

BEISPIEL 3

$$1 \text{ kbit} = 1\,000 \text{ bit}$$

$$1 \text{ Kibit} = 1\,024 \text{ bit}$$

ANMERKUNG 2 Die SI-Vorsätze werden auch zusammen mit den ISO-Währungscodes verwendet, z. B.

1 kEUR = 1 000 EUR (Europäischer Euro)

1 kGBP = 1 000 GBP (Britisches Pfund))

1 MUSD = 1 000 000 USD (US-Dollar)

1 GSEK = 1 000 000 000 SEK (Schwedische Krone)

6.5.5 Die Einheit Eins

Die kohärente SI-Einheit für jede Größe der Dimension Zahl ist die Einheit Eins, Zeichen 1. Diese Einheit wird im Allgemeinen nicht explizit geschrieben, wenn eine solche Größe zahlenmäßig angegeben wird.

BEISPIEL 1 Anzahl der Windungen in einer Wicklung $N = 25 \times 1 = 25$

Für bestimmte Größen hat die Einheit Eins jedoch spezielle Namen und Zeichen, die in Abhängigkeit vom Kontext benutzt oder nicht benutzt werden können.

BEISPIEL 2

Ebener Winkel, $\alpha = 0,52 \text{ rad} = 0,52$

Raumwinkel, $\Omega = 2,3 \text{ sr} = 2,3$

Pegel einer Leistungsgröße, $L_F = 12 \text{ Np} = 12$ (siehe Tabelle 5)

Solche spezielle Namen und Zeichen dürfen in Termen für abgeleitete Einheiten benutzt werden, um die Unterscheidung zwischen Größen verschiedener Art, aber gleicher Dimension zu erleichtern.

BEISPIEL 3

Winkelgeschwindigkeit, $\omega = 17 \text{ rad/s}$ Photonenfluss, $\Phi = 37 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$

Dämpfungskoeffizient, $\alpha = 0,83 \text{ Np/m}$ Krümmung, $k = 0,34 \text{ m}^{-1}$

Spezielle Namen und Zeichen für die Einheit Eins dürfen mit SI-Vorsätzen kombiniert werden, die Einheit Eins selbst oder ihr Zeichen 1 jedoch nicht. Stattdessen darf der Zahlenwert unter Verwendung von Potenzen von 10 angegeben werden.

In manchen Fällen wird Prozent, Zeichen %, wobei $1 \% := 0,01$ ist, als Teil der kohärenten Einheit Eins benutzt.

BEISPIEL 4 Reflexionsfaktor, $r = 83 \% = 0,83$

Ebenfalls wird Promille, Zeichen ‰, wobei $1 ‰ := 0,001$ ist, als Teil der kohärenten Einheit Eins benutzt.

Weil die Einheiten „Prozent“ und „Promille“ Zahlen sind, ist es beispielsweise unsinnig, über Masseprozent oder Volumenprozent zu sprechen. Zusätzliche Informationen, wie % (m/m) oder % (V/V) dürfen deshalb nicht mit dem Einheitenzeichen % verknüpft werden. Siehe auch 7.2. Die zu bevorzugende Schreibweise, beispielsweise eines Massenanteils, ist „der Massenanteil von B ist $w_B = 0,78$ “ oder „der Massenanteil von B ist $w_B = 78 \%$ “. Darüber hinaus darf der Ausdruck „Prozentsatz“ nicht im Namen einer Größe verwendet werden, weil dies missverständlich ist. Falls ein Massenanteil $78 = 78 \%$ ist, ist der Prozentsatz dann 78 oder $78 \% = 0,78$? Stattdessen ist der unzweideutige Ausdruck „Bruchteil“ zu verwenden. Alternativ können Massen- und Volumenanteile auch in Einheiten wie $\mu\text{g/g} = 10^{-6}$ oder $\text{ml/m}^3 = 10^{-9}$ angegeben werden.

Abkürzungen wie ppm, pphm, ppb und ppt sind sprachabhängig und mehrdeutig, und dürfen nicht benutzt werden. Stattdessen wird die Benutzung von Potenzen von 10 empfohlen.

6.5.6 Andere Einheiten

Es gibt einige Nicht-SI-Einheiten, die vom Internationalen Komitee für Maß und Gewicht *CIPM* (*Comité International des Poids et Mesures*) anerkannt werden, und zum Gebrauch zusammen mit dem SI beibehalten werden. Diese Einheiten sind in den Tabellen 5 und 6 angegeben.

Tabelle 5 — Einheiten, die mit dem SI verwendet werden

Größe	Einheit		
	Name	Zeichen	Definition
Zeit	Minute	min	1 min := 60 s
	Stunde	h	1 h := 60 min
	Tag	d	1 d := 24 h
ebener Winkel	Grad	°	1° := (π/180) rad
	Minute	'	1' := (1/60)°
	Sekunde	"	1" := (1/60)'
Volumen	Liter	l, L ^a	1 l := 1 dm ³
Masse	Tonne	t	1 t := 1 000 kg
Pegel	Neper ^b	Np ^b	1 Np := ln e = 1
	Bel	B	1 B := (1/2) ln 10 Np ≈ 1,151 293

^a Das CGPM hat die beiden Zeichen l und L für den Liter akzeptiert wegen des Risikos der Verwechslung zwischen l und 1 in einigen Schriftarten. Von ISO und IEC wird nur das ursprüngliche Zeichen l verwendet, weil es nicht vom Eigennamen einer Person hergeleitet ist.

^b Die Einheit Neper, Zeichen Np, ist kohärent mit dem SI, aber bis jetzt noch nicht vom CGPM als eine SI-Einheit angenommen. Pegel sind im ISQ mittels natürlicher Logarithmen festgelegt.