

Inhalt

1 Das Internationale Einheitensystem (SI)

Das Internationale Einheitensystem wurde 1960 von der 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) geschaffen. Sein Kurzzeichen in allen Sprachen ist SI, abgeleitet aus der französischen Benennung *Le Système International d'Unités*. Das SI ist die heutige Form des metrischen Systems, wie es in der ganzen Welt verwendet wird.

2 Die beiden Klassen von SI-Einheiten

Man unterscheidet zwei Klassen von SI-Einheiten:

- Basiseinheiten
- Abgeleitete Einheiten.

Sie bilden zusammen das kohärente System der SI-Einheiten¹⁾. Zum SI gehören auch Vorsätze zur Bezeichnung dezimaler Vielfache und Teile von SI-Einheiten.

2.1 SI-Basiseinheiten

Tabelle 1 enthält die sieben Basisgrößen, auf denen das SI beruht, und die als voneinander unabhängig angesehen werden, sowie die ihnen zugeordneten SI-Einheiten.

Tabelle 1 SI-Basiseinheiten

Größe	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

2.2 Abgeleitete SI-Einheiten

Die abgeleiteten Einheiten werden algebraisch aus den Basiseinheiten oder aus anderen abgeleiteten Einheiten gebildet. Die Einheitenzeichen der abgeleiteten Einheiten werden mit Hilfe der mathematischen Operationen der Multiplikation und Division dargestellt. Zum Beispiel ist die abgeleitete Einheit der stoffmengenbezogenen Masse (Masse geteilt durch die Stoffmenge) das Kilogramm durch Mol, Einheitenzeichen kg/mol. Weitere Beispiele für abgeleitete Einheiten, die durch SI-Basiseinheiten ausgedrückt werden, enthält Tabelle 2.

¹⁾ Ein Einheitensystem ist kohärent, wenn zu ihm, außer den Basiseinheiten, nur solche abgeleitete Einheiten gehören, die als Potenzprodukte aus den Basiseinheiten entstehen und in deren Ableitungsgleichungen kein von 1 verschiedener Zahlenfaktor auftritt (DIN 1313 1978-4, Abschnitt 4.1.2 [3]).

Tabelle 2 Beispiele für abgeleitete SI-Einheiten, die durch SI-Basiseinheiten ausgedrückt werden

Größe	SI-Einheit	
	Name	Zeichen
Fläche	Quadratmeter	m ²
Volumen	Kubikmeter	m ³
Geschwindigkeit	Meter durch Sekunde	m/s
Beschleunigung	Meter durch Sekundenquadrat	m/s ²
Wellenzahl	reziprokes Meter	m ⁻¹
Dichte	Kilogramm durch Kubikmeter	kg/m ³
spezifisches Volumen	Kubikmeter durch Kilogramm	m ³ /kg
elektrische Stromdichte	Ampere durch Quadratmeter	A/m ²
magnetische Feldstärke	Ampere durch Meter	A/m
Stoffmengenkonzentration	Mol durch Kubikmeter	mol/m ³
Leuchtdichte	Candela durch Quadratmeter	cd/m ²
Brechzahl	(Die Zahl) Eins	1

2.3 Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderen Namen

Bestimmte abgeleitete Einheiten haben einen besonderen Namen und ein besonderes Einheitenzeichen erhalten. Diese Namen und Einheitenzeichen sind in den Tabelle 3 aufgeführt.

2.4 Grad Celsius

Neben der Größe thermodynamische Temperatur (Formelzeichen: T), die in der Einheit Kelvin angegeben wird, wird auch die Größe Celsius-Temperatur (Formelzeichen: t) verwendet. Sie ist durch folgende Gleichung definiert:

$$t = T - T_0 ,$$

wobei $T_0 = 273,15$ K ist. Für den Zahlenwert einer Celsiustemperatur in Grad Celsius gilt:

$$T/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15.$$

Celsius-Temperaturen werden in Grad Celsius angegeben, Einheitenzeichen $^{\circ}\text{C}$. Ein Grad Celsius ist gleich einem Kelvin. Grad Celsius ist der besondere Name des Kelvin bei der Angabe von Celsius-Temperaturen. Eine Differenz zweier Celsius-Temperaturen darf auch in Grad Celsius angegeben werden. Man beachte, daß die thermodynamische Temperatur T_0 genau 0,01 K unterhalb des Tripelpunktes von Wasser liegt.

Tabelle 3 Abgeleitete SI-Einheiten mit eigenen Namen und Zeichen

Größe	Name	Zeichen	SI-Einheit	
			durch andere SI-Einheiten ausgedrückt	durch SI-Basiseinheiten ausgedrückt
ebener Winkel	Radian	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$
Raumwinkel	Steradian	sr		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Frequenz	Hertz	Hz		s^{-1}
Kraft	Newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Druck, Spannung	Pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energie, Arbeit, Wärmemenge	Joule ²⁾	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Leistung, Energiestrom	Watt	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Elektrizitätsmenge, elektrische Ladung	Coulomb	C		$s \cdot A$
elektrisches Potential, elektrische Spannung, elektromotorische Kraft	Volt	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
elektrische Kapazität	Farad	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
elektrischer Widerstand	Ohm	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
elektrischer Leitwert	Siemens	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
magnetischer Fluß	Weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
magnetische Flußdichte	Tesla	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Induktivität	Henry	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Celsius-Temperatur	Grad Celsius	$^{\circ}C$		K
Lichtstrom	Lumen	lm		$cd \cdot sr$ (*)
Beleuchtungsstärke	Lux	lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$ (*)
Aktivität (bezogen auf ein Radionuklid)	Becquerel	Bq		s^{-1}
Energiedosis, spezifische übertragene Energie, Kerma	Gray	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Äquivalentdosis, Umgebungs-Äquivalentdosis, Richtungs-Äquivalentdosis, Personendosis, Organdosis	Sievert	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

(*) Der Steradian (sr) ist keine Basiseinheit. In der Lichttechnik wird er aber angegeben, wenn die Einheiten als Potenzprodukte der Basiseinheiten dargestellt werden.

²⁾ gesprochen: dschuul

Tabelle 4 Beispiele für abgeleitete SI-Einheiten, die mit Hilfe der abgeleiteten Einheiten mit besonderen Namen zusammengesetzt werden.

Größe	SI-Einheit		
	Name	Zeichen	durch SI-Basiseinheiten ausgedrückt
Winkelgeschwindigkeit	Radian durch Sekunde	rad/s	$\text{m} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \text{s}^{-1}$
Winkelbeschleunigung	Radian durch Sekundenquadrat	rad/s ²	$\text{m} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} = \text{s}^{-2}$
dynamische Viskosität	Pascalsekunde	Pa · s	$\text{m}^{-1} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
Moment einer Kraft	Newtonmeter	N · m	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Oberflächenspannung	Newton durch Meter	N/m	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Wärmestromdichte, Bestrahlungsstärke	Watt durch Quadratmeter	W/m ²	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Strahlstärke	Watt durch Steradian	W/sr	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$ (*)
Strahldichte	Watt durch Meterquadrat-Steradian	W/(m ² · sr)	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$ (*)
Wärmekapazität, Entropie	Joule durch Kelvin	J/K	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
spezifische Wärmekapazität, spezifische Entropie	Joule durch Kilogramm-Kelvin	J/(kg · K)	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
spezifische Energie	Joule durch Kilogramm	J/kg	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Wärmeleitfähigkeit	Watt durch Meter-Kelvin	W/(m · K)	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
Energiedichte	Joule durch Kubikmeter	J/m ³	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
elektrische Feldstärke	Volt durch Meter	V/m	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
elektrische Ladungsdichte	Coulomb durch Kubikmeter	C/m ³	$\text{m}^{-3} \cdot \text{s} \cdot \text{A}$
elektrische Flußdichte, Verschiebung	Coulomb durch Quadratmeter	C/m ²	$\text{m}^{-2} \cdot \text{s} \cdot \text{A}$
Permittivität	Farad durch Meter	F/m	$\text{m}^{-3} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$
Permeabilität	Henry durch Meter	H/m	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$
molare Energie	Joule durch Mol	J/mol	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$
molare Entropie, molare Wärmekapazität	Joule durch Mol-Kelvin	J/(mol · K)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Ionendosis (Röntgen- und γ -Strahlen)	Coulomb durch Kilogramm	C/kg	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{A}$
Energiedosisleistung	Gray durch Sekunde	Gy/s	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$

(*) Der Steradian (sr) ist keine Basiseinheit. In der Lichttechnik wird er aber mit angegeben, wenn die Einheiten als Potenzprodukte der Basiseinheiten dargestellt werden.

2.5 Gebrauch von abgeleiteten SI-Einheiten mit besonderen Namen und Zeichen

In Tabelle 4 sieht man, wie vorteilhaft es ein kann, für abgeleitete SI-Einheiten die besonderen Namen und Zeichen zu verwenden. Die Einheit J/(mol · K) für die molare Entropie ist zum Beispiel leichter zu verstehen, als wenn sie in den Basiseinheiten ausgedrückt wird:

$$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} .$$

Aus den Tabellen 3 und 4 kann man erkennen, daß die Werte unterschiedlicher Größen in der gleichen SI-Einheit ausgedrückt werden. Zum Beispiel ist das Joule durch Kelvin die SI-Einheit der Wärmekapazität und der Entropie. Aus dem Namen einer Einheit kann man demnach nicht eindeutig auf die dazugehörige Größe schließen.

Eine abgeleitete Einheit kann häufig mit den Namen der Basiseinheiten oder mit den besonderen Namen von abgeleiteten Einheiten auf mehrere Arten ausgedrückt werden. Häufig werden besondere Namen oder bestimmte Kombinationen bevorzugt, um leichter zwischen Größen gleicher Dimension zu unterscheiden. Zum Beispiel werden das Hertz gegenüber der reziproken Sekunde für die Frequenz, das Newtonmeter gegenüber dem Joule für das Drehmoment bevorzugt.

Ebenso bevorzugt man im Bereich der ionisierenden Strahlung das Becquerel gegenüber der reziproken Sekunde für die Aktivität, das Gray oder das Sievert – entsprechend der jeweiligen Größe – gegenüber dem Joule durch Kilogramm.

2.6 Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten: SI-Vorsätze

Tabelle 5 enthält die SI-Vorsätze. Sie erlauben, sehr große und sehr kleine Zahlenwerte zu vermeiden. Die Vorsätze werden direkt vor den Namen der Einheit gesetzt und das Vorsatzzeichen wird ohne Zwischenraum vor das Einheitenzeichen gesetzt. Ein Exponent gilt mit für das Vorsatzzeichen. Beispiele:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ cm}^3 &= (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \\
 1 \text{ cm}^{-1} &= (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} \\
 1 \mu\text{s}^{-1} &= (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1} \\
 1 \text{ V/cm} &= (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m}
 \end{aligned}$$

Tabelle 5 SI-Vorsätze

Faktor	Vorsatz	Vorsatzzeichen	Faktor	Vorsatz	Vorsatzzeichen
10^{24}	Yotta	Y	10^{-1}	Dezi	d
10^{21}	Zetta	Z	10^{-2}	Zenti	c
10^{18}	Exa	E	10^{-3}	Milli	m
10^{15}	Peta	P	10^{-6}	Mikro	μ
10^{12}	Tera	T	10^{-9}	Nano	n
10^9	Giga	G	10^{-12}	Piko	p
10^6	Mega	M	10^{-15}	Femto	f
10^3	Kilo	k	10^{-18}	Atto	a
10^2	Hekto	h	10^{-21}	Zepto	z
10	Deka	da	10^{-24}	Yokto	y

Zusammengesetzte Vorsätze, d. h. solche, die durch Hintereinandersetzen mehrerer SI-Vorsätze gebildet werden, dürfen nicht gebraucht werden.

falsch: 1mm *richtig:* 1 nm

Ein Vorsatz darf nicht allein für sich verwendet werden.

falsch: M/m³ *richtig:* 10⁶/m³

Unter den Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems enthält als einzige die Einheit der Masse aus historischen Gründen bereits im Namen einen Vorsatz. Die Namen der dezimalen Vielfachen und Teile der Basiseinheit der Masse erhält man, indem man die Vorsätze vor das Wort „Gramm“ setzt.

Beispiel: 10⁻⁶ kg = 1 mg (Milligramm)

falsch: 1 µkg (Mikrokilogramm)

3 Einheiten außerhalb des SI

Die Einheiten außerhalb des SI können in drei Gruppen geordnet werden:

- Einheiten, die gemeinsam mit SI-Einheiten benutzt werden
- Einheiten, die vorübergehend neben dem Internationalen Einheitensystem beibehalten werden
- sonstige Einheiten.

Hinweis: Die in diesem Abschnitt aufgeführten Einheiten und ihre Zuordnung zu einer der genannten Gruppen beruhen auf Empfehlungen des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht. Für den amtlichen und geschäftlichen Verkehr in den Ländern der Europäischen Union ist die Richtlinie der EU über Einheiten im Meßwesen [4] maßgebend, die in der Bundesrepublik Deutschland durch das Gesetz über Einheiten im Meßwesen [5] und die Ausführungsverordnung dazu [6] umgesetzt wird. (Alle Vorschriften sind abgedruckt in [7]). Zum Beispiel ist das metrische Karat in Tabelle 10 eine zu vermeidende Einheit. Gleichwohl darf es aufgrund der erwähnten Rechtsvorschriften im amtlichen und geschäftlichen Verkehr für die Masse von Edelsteinen verwendet werden.

3.1 Einheiten, die gemeinsam mit SI-Einheiten benutzt werden

Das *Internationale Komitee für Maß und Gewicht* (Comité International des Poids et Mesures, CIPM) hat anerkannt, daß die Benutzer des SI zusätzlich bestimmte Einheiten benötigen, die zwar zum Internationalen Einheitensystem systemfremd sind, jedoch eine beträchtliche Rolle spielen und weit verbreitet sind. Diese Einheiten sind in Tabelle 6 aufgeführt. Die Verbindung von Einheiten dieser Tabelle mit SI-Einheiten zur Bildung von zusammengesetzten Einheiten soll nur in begrenzten Fällen erfolgen, damit die Vorteile der Kohärenz der SI-Einheiten nicht verlorengehen. In Tabelle 6 wurde auch das Gon aufgenommen, das in [1] nicht vorkommt, in den Ländern der EU aber eine gesetzliche Einheit ist.

3.1.1 Einheitenähnliche Namen und Zeichen

Es gibt einige besondere Namen und Zeichen, die in begrenzten Fachbereichen wie Einheiten der Dimension 1 verwendet werden und die von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) und der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) festgelegt wurden. Dazu gehören Oktave, Phon und Sone sowie Einheiten, die in der Nachrichtentechnik verwendet werden, wie Baud (Bd), bit (bit), Erlang (E), Hartley (Hart) und Shannon (Sh). Es ist üblich, diese Namen und Zeichen zusammen mit SI-Einheiten zu verwenden.

Tabelle 6 Einheiten, die gemeinsam mit dem Internationalen Einheitensystem benutzt werden

Name		Zeichen	Beziehung zu den SI-Einheiten
Minute	(Zeit)	min	1 min = 60 s
Stunde		h	1 h = 60 min = 3600 s
Tag		d	1 d = 24 h = 86 400 s
Gon		gon	1 gon = $(\pi/200)$ rad
Grad	(ebener Winkel)	°	1° = $(\pi/180)$ rad
Minute	(ebener Winkel)	'	1 ' = $(1/60)^\circ = (\pi/10\ 800)$ rad
Sekunde	(ebener Winkel)	"	1" = $(1/60)' = (\pi/648\ 000)$ rad
Liter		l, L	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Tonne		t	1 t = 10 ³ kg
Neper		Np	1 Np = 1
Bel		B	1 B = $(1/2) \ln 10$ Np

Das Liter hat zwei Einheitenzeichen, weil in vielen der heute gebräuchlichen Zeichensätze nicht oder nur schwer zwischen 1 (Zahl Eins) und l (Buchstabe „kleines el“) unterschieden werden kann. In Deutschland wird gelegentlich ℓ als Einheitenzeichen für das Liter verwendet.

3.1.2 Elektronvolt, atomare Masseneinheit, astronomische Einheit

Die in Tabelle 7 aufgeführten Einheiten werden zusammen mit SI-Einheiten verwendet. Sie werden in spezialisierten Gebieten gebraucht und ihre Beziehung zu den SI-Einheiten muß experimentell ermittelt werden.

Tabelle 7 Einheiten, die gemeinsam mit dem Internationalen Einheitensystem benutzt werden und deren Beziehungen zu den SI-Einheiten experimentell ermittelt werden. Bei den Umrechnungsbeziehungen ist die kombinierte Standardunsicherheit (Erweiterungsfaktor k = 1) für die beiden letzten Ziffern in Klammern angegeben.

Name	Zeichen	Definition und Beziehung
Elektronvolt	eV	Das Elektronvolt ist gleich der kinetischen Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Potentialdifferenz von 1 Volt im Vakuum gewinnt. 1 eV = 1,602 177 33 (49) · 10 ⁻¹⁹ J [8]
atomare Masseneinheit	u	Die atomare Masseneinheit ist gleich dem 12ten Teil der Masse eines Atoms des Nuklids ¹² C. 1 u = 1,660 540 2 (10) · 10 ⁻²⁷ kg [8]
astronomische Einheit	ua	Die astronomische Einheit der Länge ist ungefähr gleich dem mittleren Abstand zwischen Sonne und Erde. Sie ist so festgelegt, daß die heliozentrische Gravitationskonstante $(0,017\ 202\ 098\ 95)^2 \cdot \text{ua}^3 \cdot \text{d}^{-2}$ beträgt 1 ua = 1,459 978 706 91 (30) · 10 ¹¹ m [24]

3.2 Einheiten, die weiterhin neben dem SI beibehalten werden

Wegen der in verschiedenen Ländern und auf verschiedenen Gebieten herrschenden Gewohnheiten hat es das CIPM (1978) für vertretbar gehalten, die in Tabelle 8 aufgeführten Einheiten weiterhin zusammen mit den SI-Einheiten zu benutzen, bis es zu der Ansicht gelangt, daß ihre Anwendung nicht mehr erforderlich ist. Jedoch sollten diese Einheiten nicht da neu eingeführt werden, wo sie bisher nicht benutzt wurden.

Tabelle 8 Einheiten, die vorübergehend neben dem Internationalen Einheitensystem beibehalten werden

Name	Zeichen	Beziehung zu den SI-Einheiten
Seemeile		1 Seemeile = 1852 m
Knoten		1 Seemeile durch Stunde = (1852/3600) m/s
Angström	Å	1 Å = 0,1 nm = 10^{-10} m
Ar	a	1 a = 1 dam ² = 10^2 m ²
Hektar	ha	1 ha = 1 hm ² = 10^4 m ²
Barn	b	1 b = 100 fm ² = 10^{-28} m ²
Bar	bar	1 bar = 0,1 MPa = 10^5 Pa

3.3 Anwendung der SI-Vorsätze auf Einheiten außerhalb des Internationalen Systems

Die SI-Vorsätze können auch bei Einheiten außerhalb des SI benutzt werden. Auf folgenden Einheiten sollen keine SI-Vorsätze angewendet werden:

Hektar	} (Winkel)	Minute	} (Zeit)
Grad		Stunde	
Minute		Tag	
Sekunde		Kilogramm (vgl. S. 6)	

3.4 Einheiten, die nicht zusammen mit dem SI verwendet werden sollten

3.4.1 CGS-Einheiten

Auf dem Gebiet der Mechanik beruhte das CGS-Einheitensystem auf drei Basiseinheiten: dem Zentimeter, dem Gramm und der Sekunde. Auf dem Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus wurden die Einheiten als Funktion dieser drei Basiseinheiten ausgedrückt. Es entwickelten sich mehrere verschiedene Systeme, wie z. B. das elektrostatische CGS-System, das elektromagnetische CGS-System und das Gaußsche CGS-System. Bei diesen Systemen unterscheiden sich das Größen- und das entsprechende Gleichungssystem oft von den Systemen, die zusammen mit den SI-Einheiten benutzt werden.

Es wird nicht empfohlen, CGS-Einheiten mit besonderem Namen zusammen mit den Einheiten des Internationalen Einheitensystems zu benutzen. Solche Einheiten sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9 CGS-Einheiten mit besonderen Namen

Name	Zeichen	Beziehung zu den SI-Einheiten
Erg	erg	1 erg = 10^{-7} J
Dyn	dyn	1 dyn = 10^{-5} N
Poise	P	1 P = 1 dyn s/cm ² = 0,1 Pa · s
Stokes	St	1 St = 1 cm ² /s = 10^{-4} m ² /s
Gauß	Gs, G	1 Gs entspricht 10^{-4} T
Oersted	Oe	1 Oe entspricht $(1000/4\pi)$ A/m
Maxwell	Mx	1 Mx entspricht 10^{-8} Wb
Stilb	sb	1 sb = 1 cd/cm ² = 10^4 cd/m ²
Phot	ph	1 ph = 10^4 lx
Gal	Gal	1 Gal = 1 cm/s ² = 10^{-2} m/s ²

3.4.2 Sonstige Einheiten

Einheiten außerhalb des Internationalen Einheitensystems sind – soweit sie nicht in den Tabellen 6 bis 8 aufgeführt sind – möglichst zu vermeiden und durch Einheiten des Internationalen Einheitensystems zu ersetzen. Einige solcher Einheiten enthält Tabelle 10.

Tabelle 10 Weitere Einheiten außerhalb des SI

Name	Zeichen	Beziehung zu den SI-Einheiten
Curie	Ci	1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq
Röntgen	R	1 R = $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg
Rad	rad	1 rad = 1 cGy = 10^{-2} Gy
Rem	rem	1 rem = 1 cSv = 10^{-2} Sv
Fermi		1 Fermi = 1 fm = 10^{-15} m
metrisches Karat		1 metrisches Karat = 200 mg = $2 \cdot 10^{-4}$ kg
Torr	Torr	1 Torr = $(101\,325/760)$ Pa
physikalische Atmosphäre	atm	1 atm = 101 325 Pa
Kilopond	kp	1 kp = 9,806 65 N
Kalorie	cal	1 cal = 4,186 8 J (*)
Mikron	μ	1 μ = 1 μm = 10^{-6} m
X-Einheit		1 X-Einheit = $1,002 \cdot 10^{-13}$ m
Jansky	Jy	1 Jy = 10^{-26} W · m ⁻² · Hz ⁻¹

(*) Es gibt mehrere Umrechnungsbeziehungen für die Kalorie.

3.4.3 Angelsächsische Einheiten

In den angelsächsischen Ländern gibt es zwei verschiedene Systeme von Masseneinheiten: das Avoirdupois-System und das Troy-System. Sie unterscheiden sich darin, daß die größeren Einheiten jeweils andere Vielfache der kleineren Einheiten sind. Für das Avoirdupois-System gilt:

$$1 \text{ pound} = 16 \text{ ounces} = 7000 \text{ grain.}$$

Für das Troy-System gilt:

$$1 \text{ troy pound} = 12 \text{ troy ounces} = 240 \text{ pennyweight} = 5760 \text{ grain.}$$

Das Grain ist in beiden Systemen gleich.

Die Einheiten des Troy-Systems werden nur für Edelmetalle und Drogeriewaren verwendet, für alle anderen Waren verwendet man die des Avoirdupois-Systems.

Die Beziehungen zwischen den britischen und metrischen Einheiten sind im Weights and Measures Act von 1985 festgelegt. Danach gelten folgende grundsätzlichen Beziehungen:

$$1 \text{ yard} = 0,914 \text{ 4 m}$$

$$1 \text{ (avoirdupois) pound} = 0,453 \text{ 592 37 kg}$$

$$1 \text{ gallon} = 4,546 \text{ 09 dm}^3.$$

Die Werte der anderen angelsächsischen Einheiten werden hieraus mit Hilfe der Beziehungen errechnet, die innerhalb der angelsächsischen Systeme gelten.

3.4.4 Umrechnungsbeziehungen für Angelsächsische Einheiten

Länge		1 pk (peck)	= 9,092 18 dm ³
1 mile	= 1,609 34 km	1 gal (gallon)	= 4,546 09 dm ³
1 furlong	= 0,201 168 km	1 USgal	= 3,785 41 dm ³
1 chain	= 20,116 8 m	1 qt (quart)	= 1,136 52 dm ³
1 yd (yard)	= 0,914 4 m	1 pt (pint)	= 0,568 261 dm ³
1 ft (foot)	= 0,304 8 m	1 gill	= 0,142 065 dm ³
1 in (inch)	= 2,54 cm	1 fl oz	= 28,413 1 cm ³
1 nautical mile	= 1,853 18 km	1 fluid drachm	= 3,551 63 cm ³
1 fathom	= 1,828 8 m	1 minim	= 59,193 9 mm ³
Fläche		Masse	
1 sq mile	= 2,589 99 km ²	1 ton	= 1016,05 kg
1 acre	= 4 046,86 m ²	1 cwt (hundredweight)	= 50,802 3 kg
1 rood	= 1 011,71 m ²	1 short hundredweight	= 45,359 2 kg
1 yd ² (square yard)	= 0,836 127 m ²	1 quarter	= 12,700 6 kg
1 ft ² (square foot)	= 0,092 903 m ²	1 stone	= 6,350 29 kg
1 in ² (square inch)	= 6,451 6 cm ²	1 lb (pound)	= 0,453 592 37 kg
Volumen		1 oz (ounce)	= 28,349 5 g
1 yd ³ (cubic yard)	= 0,764 555 m ³	1 dr (dram)	= 1,771 85 g
1 ft ³ (cubic foot)	= 28,316 8 dm ³	1 gr (grain)	= 64,798 9 mg
1 in ³ (cubic inch)	= 16,387 1 cm ³	1 troy pound	= 373,241 72 g
1 bu (bushel)	= 36, 368 7 dm ³	1 oz tr (troy ounce)	= 31,103 5 g
		1 drachm	= 3,887 93 g

1 scruple	= 1,295 98 g
1 dwt (pennyweight)	= 1,555 17 g
1 slug	= 14,593 9 kg

Flächenbezogene Masse

1 ton/ sq mile	= 392,298 kg/km ²
	= 3,922 98 kg/ha
1 ton/ acre	= 0,251 071 kg/m ²
	= 2 510,71 kg/ha
1 cwt/acre	= 0,012 553 5
kg/m ²	
	= 125,535 kg/ha
1 lb/ft ²	= 4,882 43 kg/m ²
1 lb/in ²	= 70,307 0 g/cm ²
1 oz/yd ²	= 33,905 7 g/m ²
1 oz/ft ²	= 305,152 g/m ²

Fläche durch Masse

1 sq mile/ton	= 2 549,08 m ² /kg
1 yd ² /ton	= 0,822 922 m ² /t

Spezifisches Volumen

1 ft ³ /ton	= 0,027 869 6
dm ³ /kg	
1 ft ³ /lb	= 62,428 0 dm ³ /kg
1 in ³ /lb	= 36,127 3 cm ³ /kg
1 gal/lb	= 10,022 4 dm ³ /kg

Treibstoffverbrauch

1 gal/mile	= 2,824 81 l/km
1 USgal/mile	= 2,352 15 l/km
1 mile/gal	= 0,354 006 km/l
1 mile/USgal	= 0,425 144 km/l

Dichte

1 ton/yd ³	= 1,328 94 t/m ³
1 lb/ft ³	= 16,018 5 kg/m ³
1 lb/in ³	= 27,679 9 g/cm ³
1 lb/gal	= 0,099 776 3 kg/l

1 slug/ft ³	= 515,379 kg/m ³
------------------------	-----------------------------

Massenkonzentration

1 gr/100 ft ³	= 0,022 883 5 g/m ³
1 oz/gal	= 6,236 02 g/l
1 gr/gal	= 14,253 8 mg/l

Trägheitsmoment

1 lb ft ²	= 0,042 140 1 kg
m ²	
1 lb in ²	= 2,926 40 kg cm ²
1 oz in ²	= 0.182 900 kg cm ²
1 slug ft ²	= 1,355 82 kg m ²

Impuls

1 lb ft/s	= 0,138 255 kg m/s
-----------	--------------------

Drehimpuls

1 lb ft ² /s	= 0,042 140 1 kg
m ² /s	

Kraft

1 tonf (ton-force)	= 9 964,02 N
1 lbf (pound-force)	= 4,448 22 N
1 ozf	= 0,278 014 N
1 pdl (poundal)	= 0,138 255 N

Drehmoment

1 tonf ft	= 3 037,03 N m
1 lbf ft	= 1,355 82 N m
1 pdl ft	= 0,042 140 1 N m
1 lbf in	= 0,112 985 N m
1 ozf in	= 0,706 155 N cm

Druck, Spannung

1 tonf/ft ²	= 107,252 kPa
1 tonf/in ²	= 15,444 3 MPa
1 lbf/ft ²	= 47,880 3 Pa
1 lbf/in ²	= 6 894,76 Pa
1 pdl/ft ²	= 1,488 16 Pa
1 ftH ₂ O	= 2 989,07 Pa
1 inH ₂ O	= 249,089 Pa
1 inHg	= 3 386,39 Pa

Dynamische Viskosität

1 lbf h/ft ²	= 0,172 369 MPa s
1 lbf s/ft ²	= 47,880 3 Pa s
1 pdl s/ft ²	= 1,488 16 Pa s

Einheiten der Temperatur

$$1\text{ }^{\circ}\text{F (Grad Fahrenheit)} = 1\text{ }^{\circ}\text{R (Grad Rankine)} = \frac{5}{9}\text{ K}$$

Temperatur (Beziehungen zwischen den Zahlenwerten der Temperaturskalen)

$$t_{\text{C}} = \frac{5}{9}(t_{\text{F}} - 32) \quad t_{\text{C}} \text{ in } ^{\circ}\text{C} \quad t_{\text{F}} \text{ in } ^{\circ}\text{F}$$

$$T = \frac{5}{9}(t_{\text{F}} + 459,67) = \frac{5}{9}T_{\text{R}} \quad T \text{ in K} \quad T_{\text{R}} \text{ in } ^{\circ}\text{R}$$

Wärmestrom

$$1 \text{ Btu/h} = 0,293\ 071 \text{ W}$$

Spezifische Energie

$$\begin{aligned} 1 \text{ Btu/lb} &= 2\ 326 \text{ J/kg} \\ 1 \text{ ft lbf/lb} &= 2,989\ 07 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Volumenbezogener Brennwert

$$\begin{aligned} 1 \text{ therm/gal} &= 23,208\ 0 \text{ MJ/l} \\ 1 \text{ Btu/ft}^3 &= 0,037\ 258\ 9 \text{ J/cm}^3 \end{aligned}$$

Spezifische Wärmekapazität

$$\begin{aligned} 1 \text{ Btu/lb } ^{\circ}\text{F} &= 4\ 186,8 \text{ J/kg K} \\ 1 \text{ ft lbf/lb } ^{\circ}\text{F} &= 5,380\ 32 \text{ J/kg K} \end{aligned}$$

Spezifische Entropie

$$1 \text{ Btu/lb } ^{\circ}\text{R} = 4\ 186,8 \text{ J/kg K}$$

Volumenbezogene Wärmekapazität

$$1 \text{ Btu/ft}^3\text{ } ^{\circ}\text{F} = 0,067\ 066\ 1 \text{ J/cm}^3\text{ K}$$

Wärmestromdichte

$$1 \text{ Btu/ft}^2\text{ h} = 3,154\ 59 \text{ W/m}^2$$

Wärmeübergangskoeffizient

$$1 \text{ Btu/ft}^2\text{ h } ^{\circ}\text{F} = 5,678\ 26 \text{ W/m}^2\text{ K}$$

Energie

1 therm	= 105,506 MJ
1 hp h (horsepower × hour)	= 2,684 52 MJ
1 Btu (British thermal unit)	= 1,055 06 kJ
1 ft lbf	= 1,355 82 J
1 ft pdl	= 0,042 140 1 J

Leistung

1 hp (horsepower)	= 745,700 W
1 ft lbf/s	= 1,355 82 W

Wärmeleitfähigkeit

$$1 \text{ Btu ft/ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F} = 1,730 \text{ 73 W/m K}$$

$$1 \text{ Btu in/ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F} = 0,144 \text{ 228 W/m K}$$

$$1 \text{ Btu in/ft}^2 \text{ s } ^\circ\text{F} = 519,220 \text{ W/m K}$$

Spezifischer Wärmewiderstand

$$1 \text{ ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F/Btu in} = 6,933 \text{ 47 K m/W}$$

$$1 \text{ ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F/ Btu ft} = 57,778 \text{ 9 K cm/W}$$

Beleuchtungsstärke

$$1 \text{ lm/ft}^2 = 1 \text{ foot-candle} = 10,763 \text{ 9 lx}$$

Leuchtdichte

$$1 \text{ cd/ft}^2 = 10,763 \text{ 9 cd/m}^2$$

$$1 \text{ cd/in}^2 = 1 \text{ 550,00 cd/m}^2$$

$$1 \text{ foot-lambert} = 3,426 \text{ 26 cd/m}^2$$

4 Schreibweisen

4.1 Einheitenamen

6.3 Innerhalb vollständiger Sätze sollten Einheitenamen ausgeschreiben werden, wenn es sich um einzelne Größenwerte handelt und um Einheiten mit eigenen Namen. *Zum Beispiel:* „Die Probe wurde bei einer Temperatur von 955 Kelvin für 12 Stunden getempert.“ Das gilt insbesondere, wenn der Zahlenwert ausgeschrieben wird. *Beispiel:*

richtig: Die Entfernung beträgt drei Kilometer.
falsch: Die Entfernung beträgt drei km.

In Gleichungen und wenn Größenwerte mit zusammengesetzten Einheiten angegeben werden, sollten die Größenwerte mit Ziffern und Einheitenzeichen geschrieben werden.

Beispiele:

Die Höchstgeschwindigkeit in Ortschaften ist 50 km/h. (*zusammengesetzte Einheit*)
Der Durchmesser beträgt $d = 16$ mm. (*Gleichung*)

Einheitenamen und Einheitenzeichen werden nicht kombiniert, mathematische Zeichen werden nicht auf Einheitenamen angewendet. Zum Beispiel werden Kilogramm/m³, kg/Kubikmeter, Kilogramm/Kubikmeter, kg durch m³, oder Kilogramm durch Meter³ vermieden. Die korrekte Einheitendarstellung ist kg/m³, kg · m⁻³, oder im Text: Kilogramm durch Kubikmeter.

Die Benennung von Größenquotienten wird mit „durch“ gebildet, nicht mit „pro“. *Beispiel:*

Dichte gleich Masse durch Volumen.

In einer Größenbenennung darf keine Einheit vorkommen. Falsch sind deshalb Ausdrücke wie: „Masse durch Kubikmeter“ oder „Masse je Volumeneinheit“.

Die Einheitenamen können von Land zu Land unterschiedlich sein. Es gibt auch Unterschiede zwischen England und den USA. Im UK schreibt man: metre und litre, in den USA dagegen: meter und liter. Die englischsprachigen Dokumente der ISO, der IEC und des BIPM verwenden die Schreibweise des UK. Im Englischen werden die Einheitenamen mit kleinem Anfangsbuchstaben geschrieben: siemens ist die Einheit des elektrischen Leitwertes, Siemens ist der Personennamen.

Wenn ein Satz mit einer Formel endet, steht nach der Formel ein Punkt. Zwischen Formel und Satzzeichen steht ein Zwischenraum. *Beispiel:*

Der Strahlungswirkungsgrad ist gegeben durch $\eta_t = \frac{R_r}{R_r + R_l}$.

4.2 Einheitenzeichen

Die Einheitenzeichen werden unabhängig von dem übrigen Text im allgemeinen in kleinen Buchstaben steil gedruckt. Wird jedoch der Name der Einheit aus einem Eigennamen abgeleitet, ist der erste Buchstabe des Einheitenzeichens ein Großbuchstabe.

Die Einheitenzeichen bleiben im Plural unverändert.

Hinter den Einheitenzeichen steht kein Punkt. *Ausnahme:* Am Ende eines Satzes.

Beispiel: „Die Länge beträgt 75 cm.“

Das Produkt aus zwei oder mehreren Einheiten kann in einer der folgenden Weisen dargestellt werden:

zum Beispiel: N · m oder N m.

Ein Malpunkt oder Zwischenraum ist wichtig, weil zum Beispiel ms „Millisekunde“ bedeutet. Meter mal Sekunde muß daher geschrieben werden:

m · s oder m s.

Wenn eine abgeleitete Einheit als Quotient aus zwei Einheiten gebildet wird, können ein schräger Bruchstrich (/), ein waagerechter Bruchstrich oder negative Potenzexponenten verwendet werden:

zum Beispiel: m/s , $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ oder $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Um jede Mehrdeutigkeit auszuschließen, darf niemals mehr als ein schräger Bruchstrich auf derselben Zeile verwendet werden, sofern nicht Klammern hinzugefügt werden. In komplizierten Fällen sollten negative Potenzexponenten oder Klammern verwendet werden:

zum Beispiel: m/s^2 oder $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
 $\text{m} \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{A})$ $\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \text{A}^{-1}$
 aber nicht: m/s/s
 $\text{m} \cdot \text{kg}/\text{s}^3/\text{A}$.

Zahlenwert und Einheit sowie die Faktoren einer abgeleiteten Einheit werden nicht getrennt.
 Beispiel:

falsch:370
 N/mm^2

und:370 N/
 mm^2

richtig: 370 N/mm^2

oder:
 370 N/mm^2

Es muß immer eindeutig sein, zu welcher Einheit ein gegebener Zahlenwert gehört. Bei Angaben eines Bereiches ist das Wort „bis“ zu verwenden. Ein Bindestrich wird leicht als Minuszeichen mißdeutet. *Beispiele:*

<i>falsch</i>	<i>richtig</i>
51 × 51 × 25 mm	51 mm × 51 mm × 25 mm
225 bis 2400 nm	225 nm bis 2400 nm
225 nm – 2400 nm	225 nm bis 2400 nm
8,2; 9,0; 9,5; 9,8; 10,0 GHz	(8,2; 9,0; 9,5; 9,8; 10,0) GHz
63,2 ± 0,1 m oder 63,2 m ± 0,1	63,2 m ± 0,1 m oder (63,2 ± 0,1) m

Das liegende Malkreuz (×) wird nur bei Abmessungen von Formaten verwendet.

Die Einheitenzeichen sind international vereinbart und in allen Sprachen gleich. Deshalb sollen keine davon abweichenden Abkürzungen verwendet werden, wie zum Beispiel Sek. (für Sekunde), Std. (für Stunde), ccm (für cm^3) oder qm (für m^2).

Bei Winkelangaben in Grad, Minute und Sekunden ist es vorzuziehen, nur eine dieser Winkleinheiten zu verwenden und den Zahlenwert als Dezimalbruch zu schreiben. Zum Beispiel sollte 19,58° gegenüber 19° 34' 48" vorgezogen werden.

Ein Einheitenzeichen darf keinen Hinweis auf eine Größe enthalten:

richtig: $U_{\max} = 1000 \text{ V}$ *falsch:* $U = 1000 \text{ V}_{\max}$.

Ausdrücke wie „laufende Meter“ oder „Bahnkilometer“ sollen nicht benutzt werden.

4.3 Formelzeichen

Als Formelzeichen für Größen werden Buchstaben benutzt. Sie werden unabhängig von der Schriftart des umgebenden Textes kursiv wiedergegeben.

Beispiele: l für Länge
 m Masse
 H magnetische Feldstärke

Zahlreiche Formelzeichen sind genormt. Sehr viele Formelzeichen befinden sich in der Normenreihe DIN 1304, (abgedruckt zum Beispiel im DIN-Taschenbuch 202) [9]. Die dort angegebenen Formelzeichen stimmen weitgehend mit den international festgelegten Formelzeichen in ISO 31 [10] und IEC 27-1 [11] überein. Für Formelzeichen empfiehlt sich eine Schriftart mit Serifen.

4.4 Senkrecht und kursiv

Tabelle 11 Verwendung senkrechter und kursiver Zeichen

Gegenstand	Schriftart	Beispiele
Zahlen in Ziffern geschrieben	senkrecht	3; 1,56; 10 ⁴
Zahlen durch Buchstaben dargestellt (allgemein)	kursiv	n ; a_{ik}
Zahlen durch Buchstaben dargestellt (bei festgelegter Bedeutung)	senkrecht	$\pi = 3,14\dots$ $e = 2,718\dots$ i, j (imaginäre Einheit)
Vektoren und Tensoren	kursiv, halbfett	\mathbf{a} ; \mathbf{b} ; \mathbf{A} ; \mathbf{B}
Formelzeichen für physikalische Größen	kursiv	m (Masse) C (Kapazität) μ (Permeabilität)
Zeichen für Funktionen und Operatoren, deren Bedeutung frei gewählt werden kann	kursiv	$f(x)$; y''
Zeichen für Funktionen und Operatoren mit festgelegter Bedeutung	senkrecht	d ; ∂ ; Δ ; Σ ; Π ; \int div ; lim ; Re (Realteil) \sin ; \lg ; Γ (Gammafunktion) \exp ; \ln ; δ (Delta-Distribution)
Einheitenzeichen	senkrecht	m ; μF
Symbole für Chemie und Atomphysik	senkrecht	H_2SO_4 (Schwefelsäure) e^- (Elektron) <ph-wert< p=""></ph-wert<>

Indizes werden ihrer Bedeutung nach in senkrechter oder kursiver Schrift entsprechend den Empfehlungen nach Tabelle 11 gesetzt.

4.5 Dezimalzeichen, Zahlenwerte

Das Dezimalzeichen ist ein Komma, auch in englischen Texten (vgl. ISO 31-0). Um das Lesen zu erleichtern, können die Zahlen vom Komma ausgehend in Gruppen von je drei Ziffern durch Zwischenräume aufgeteilt werden. Die Gruppen werden in keinem Fall durch Punkte getrennt. Ganze Zahlen mit vier Ziffern schreibt man ohne Zwischenraum, zum Beispiel Jahreszahlen. Nur in Tabellen, wenn die Zahlen in Kolonnen gesetzt sind, empfiehlt es sich, auch vierstellige Zahlen mit Zwischenraum zu schreiben.

Es ist zweckmäßig, die Einheit mit Hilfe eines entsprechenden SI-Vorsatzes so zu wählen, daß der Zahlenwert zwischen 0,1 und 1000 liegt. Außer mit einem SI-Vorsatz kann das auch durch Multiplikation mit einer Zehnerpotenz erreicht werden.

4.6 Prozent, Promille, ppm, ppb und ppt

Prozent (%) und Promille (‰) können verwendet werden. Sie sollen nicht „Vom Hundert“ (v. H.) oder „Vom Tausend“ (v. T.) benannt werden.

Prozent bedeutet 10^{-2} , Promille bedeutet 10^{-3} .

Angaben in Prozent können nur bei Zahlen und bei Quotienten von Größen gleicher Dimension gemacht werden. Angaben wie $6,278 \text{ kg} \pm 0,2 \%$ sind sinnlos, da Massen und Zahlen nicht addiert werden können. Es muß richtig heißen:

$$6,278 (1 \pm 0,2 \%) \text{ kg} \quad \text{oder} \quad 6,278 (1 \pm 2 \text{‰}) \text{ kg} \quad \text{oder} \quad 6,278 (1 \pm 2 \cdot 10^{-3}) \text{ kg}.$$

Die gleiche Angabe kann aber auch in folgender Form gemacht werden:

$$(6,278 \pm 0,013) \text{ kg} \quad \text{oder} \quad 6,278 \text{ kg} \pm 13 \text{ g}.$$

ppm (parts per million), ppb (parts per billion) und ppt (parts per trillion) sollen nicht verwendet werden. Besonders ppb muß abgelehnt werden, da das englische Wort „billion“ in den USA die Zahl 10^9 bedeutet. In Europa dagegen bedeutet „Billion“ die Zahl 10^{12} . *Beispiele:*

Die Stabilität beträgt $5 \cdot 10^{-5} \text{ min}^{-1}$ und nicht: 50 ppm/min

die relative Unsicherheit beträgt $3 \cdot 10^{-10}$ und nicht: 0,3 ppb

5 Größenangaben und die Anwendung der Einheiten

5.1 Unterscheidung zwischen Objekt und physikalischer Größe

Bei Angaben über Größen und Größenwerte ist es wichtig, zwischen einem Vorgang, einem Gegenstand oder einem Stoff und den jeweils zugeordneten physikalischen Größen zu unterscheiden. So muß man zum Beispiel zwischen einem Körper und seiner Masse, einer Spule und ihrer Induktivität, einem Raum und seinem Volumen unterscheiden. Es ist richtig zu sagen: „Man erhält ein Pendel, indem man einen Körper mit einer Masse von 1 kg an einen Faden hängt.“ Dagegen ist es nicht richtig zu sagen: „Das Pendel besteht aus einem Faden, an dem eine Masse von 1 kg hängt.“

5.2 Größenwerte

Das Produkt aus Zahlenwert und Einheit wird Größenwert genannt:

$$\text{Größenwert} = \text{Zahlenwert} \cdot \text{Einheit}.$$

Bei Angaben von Größenwerten wird zwischen dem Zahlenwert und dem Einheitenzeichen ein Abstand eingefügt. *Beispiel:* 6 m. Eine Ausnahme gibt es für Winkelangaben, bei denen die Symbole für Grad, Minute und Sekunde ohne Abstand nach den Zahlenwerten folgen.

Beispiel: $\alpha = 30^\circ 22' 8''$.

°C gilt als ein Einheitenzeichen. Zwischen dem Zahlenwert der Celsius-Temperatur und dem Einheitenzeichen °C ist ein Zwischenraum zu setzen: $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Wenn ein Größenwert wie ein Adjektiv benutzt wird, werden zwei Bindestriche verwendet. *Beispiel:* „Ein 25-kg-Behälter“.

Größenwerte sollen nicht mit anderen Informationen vermischt werden. *Beispiele:*

<i>falsch</i>	<i>richtig:</i>
Die Emissionsrate beträgt $5 \cdot 10^{10}$ Neutronen/s.	Die Neutronen-Emissionsrate beträgt $5 \cdot 10^{10}$ /s.
Die Konzentration beträgt 5 ng Blei /ℓ.	Die Massenkonzentration an Blei beträgt 5 ng/ℓ.
Die Konzentration beträgt $3 \cdot 10^{18}$ O ₂ -Atome/cm ³ .	Die Teilchenkonzentration für O ₂ -Atome beträgt $3 \cdot 10^{18}$ /cm ³ .

Die Nachweisgrenze liegt bei
 $5 \cdot 10^{10}$ NO₃-Moleküle/cm³.

Die Nachweisgrenze für NO₃-Moleküle liegt
bei $5 \cdot 10^{10}$ /cm³.

6 Größengleichungen und Zahlenwertgleichungen

In einer *Größengleichung* wird eine Beziehung zwischen Größen dargestellt. Die Auswertung der Größengleichung $v = s/t$ liefert immer das gleiche Ergebnis, unabhängig davon, in welchen Einheiten, s , v und t eingesetzt werden. *Beispiel*:

$$s = 450 \text{ m} = 0,45 \text{ km}, \quad t = 30 \text{ s} = (1/120) \text{ h}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{450 \text{ m}}{30 \text{ s}} = \frac{0,45 \text{ km}}{(1/120) \text{ h}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}},$$

15 m/s und 54 km/h sind die gleiche Geschwindigkeit. Größengleichungen sollten bevorzugt verwendet werden.

Zahlenwertgleichungen geben die Beziehungen zwischen den Zahlenwerten von Größen wieder. Zahlenwertgleichungen erfordern immer die zusätzliche Angabe der Einheiten, für die die Zahlenwerte gelten. Zahlenwertgleichungen müssen als solche gekennzeichnet werden. In der allgemeinen Schreibweise werden die Formelzeichen für die Zahlenwerte in geschweifte Klammern gesetzt. *Beispiel*:

$$\text{Zahlenwertgleichung:} \quad \{v\} = 3,6 \frac{\{s\}}{\{t\}} \quad \text{mit}$$

v in km/h

s in m

t in s

Wenn jedes Mißverständnis ausgeschlossen ist, dürfen die geschweiften Klammern weggelassen werden. *Beispiel*:

$$\text{Zahlenwertgleichung:} \quad v = 3,6 \frac{s}{t} \quad \text{mit}$$

v in km/h

s in m

t in s

Benutzt man nur Einheiten eines kohärenten Einheitensystems, so werden die Zahlenwertgleichungen gleichlautend wie die zugehörigen Größengleichungen.

7 Erläuterungen zu einigen Größen

7.1 Quotienten aus Stoffmenge, Volumen und Masse

Zur Beschreibung der Zusammensetzung von Mischphasen für die Stoffportion i kann man folgende Größen verwenden:

$$\left. \begin{array}{l} n_i \text{ Stoffmenge} \\ m_i \text{ Masse} \\ V_i \text{ Volumen} \end{array} \right\} \text{ der Stoffportion } i \text{ vor dem Mischvorgang}$$

$$\left. \begin{array}{l} n \text{ Gesamtstoffmenge} \\ m \text{ Gesamtmasse} \\ V \text{ Gesamtvolumen} \end{array} \right\} \text{ nach dem Mischvorgang}$$

V_0 ist das Gesamtvolumen vor dem Mischvorgang.

Tabelle 11 enthält die Größen, die sich als Quotienten aus Stoffmenge, Volumen und Masse darstellen lassen. Die grau unterlegten Größen sind keine Zusammensetzungsgrößen.

Tabelle 11 Quotienten aus Stoffmenge, Volumen und Masse

		Größe im Zähler		
		Stoffmenge n SI-Einheit: mol	Volumen V SI-Einheit: m ³	Masse m SI-Einheit: kg
Größe im Nenner	Stoffmenge n SI-Einheit: mol	Stoffmengenanteil $x_i = \frac{n_i}{n}$	molares Volumen $V_m = \frac{V}{n}$	molare Masse $M = \frac{m}{n}$
	Volumen V SI-Einheit: m ³	Konzentration $c_i = \frac{n_i}{V}$	Volumenkonzentration $\sigma_i = \frac{V_i}{V}$	Massenkonzentration $\beta_i = \frac{m_i}{V}$
			Volumenanteil $\varphi_i = \frac{V_i}{V_0}$	Dichte $\rho = \frac{m}{V}$
Masse m SI-Einheit: kg	Molalität $b_i = \frac{n_i}{m_k}$	spezifisches Volumen $v = \frac{V}{m}$	Massenanteil $w_i = \frac{m_i}{m}$	

7.2 Benennungen von Zusammensetzungsgrößen

Wortverbindungen mit *-anteil* bezeichnen einen Quotienten aus Größen gleicher Dimension:

$$\begin{array}{ll} \text{Stoffmengenanteil} & x_i = n_i/n \\ \text{Volumenanteil} & \varphi_i = V_i/V \\ \text{Massenanteil} & w_i = m_i/m. \end{array}$$

Wortverbindungen mit *-konzentration* bezeichnen Quotienten mit dem Volumen im Nenner:

Stoffmengenkonzentration	$c_i = n_i/V$
Volumenkonzentration	$\sigma_i = V_i/V$
Massenkonzentration	$\beta_i = m_i/V$

Wenn das Wort Konzentration allein verwendet wird, ist die Stoffmengenkonzentration c gemeint.

Die Volumenkonzentration ist nur dann dem Volumenanteil gleich, wenn $V = V_0$ ist, d. h. wenn der Mischvorgang ohne Volumenänderung verläuft.

Das Wort *Gehalt* wird als Oberbegriff bei der qualitativen Beschreibung der Zusammensetzung einer Mischphase angewendet, solange keine konkreten Größenwerte angegeben werden. *Beispiel:* „Das vorliegende Verfahren dient zur Bestimmung des Cadmiumgehaltes von Abwässern mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie“ (siehe auch DIN 1310, [12]).

7.3 Stoffmenge

Bei Angaben von Stoffmengen müssen die Einzelteilchen spezifiziert sein. Es können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen sowie andere Teilchen oder Gruppen solcher Teilchen genau angegebener Zusammensetzung sein. Neben der Stoffmenge gilt das auch für Größen, die aus der Stoffmenge abgeleitet werden. Wenn Formelzeichen verwendet werden, setzt man das Symbol des Teilchens in Klammern hinter das Formelzeichen. *Beispiele:*

Stoffmenge	$n(\text{Ca}^{2+}) = 2 \text{ mmol}$
Stoffmengenkonzentration	$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05 \text{ mol/l}$
Molare Masse	$M(\text{H}_2) = 2,0159 \text{ g/mol}$

Der Name „Molarität“ für die Stoffmengenkonzentration und „Normalität“ für die Äquivalentkonzentration sowie die Zeichen M (molar) und N (normal) für die Einheit mol/l bzw. für die früher verwendete Einheit val/l werden nicht mehr verwendet. Stattdessen wird die Stoffmengenkonzentration $c(X)$ oder die Äquivalentkonzentration $c(\text{eq})$ verwendet (siehe auch DIN 32 625, [13]).

7.4 Logarithmische Größen und Einheiten

Eine Feldgröße ist eine Größe wie Spannung, Strom, Schalldruck, elektrische Feldstärke, Geschwindigkeit und Ladungsdichte, deren Quadrat in linearen Systemen einer Leistungsgröße proportional ist. Eine Leistungsgröße ist eine Leistung oder eine der Leistung direkt proportionale Größe, wie zum Beispiel Energiedichte, Schallintensität.

Die am häufigsten verwendeten logarithmierten Größenverhältnisse sind Pegel einer Feldgröße (Symbol: L_F) und Pegel einer Leistungsgröße (Symbol: L_P).

Der Pegel L_F einer Feldgröße F ist durch die Beziehung $L_F = 20 \lg(F/F_0)$ dB definiert. F_0 ist eine festgelegte Bezugsgröße von gleicher Dimension wie F .

Der Pegel L_P einer Leistungsgröße P ist durch die Beziehung $L_P = 10 \lg(P/P_0)$ dB definiert, wobei P_0 eine festgelegte Bezugsgröße von gleicher Dimension wie P ist.

Man beachte, wenn $P/P_0 = (F/F_0)^2$, dann ist $L_P = L_F$.

Aus der Definition geht hervor, daß L_F und L_P Größen der Dimension 1 sind und daß deshalb ihre Einheit auch 1 ist. Ähnlich wie im Falle von Radiant und Steradian ist es auch in diesem Fall zweckmäßig, der Einheit 1 einen besonderen Namen, „Dezibel“ (Symbol: dB), zu geben.

Bei Angaben von L_F oder L_P muß die Bezugsgröße mit angegeben werden. Nach IEC 27-3 [14] und DIN 5493-2 [15] kann das in folgender Weise geschehen: $L_x(\text{re } x_{\text{ref}})$ oder $L_{x/x_{\text{ref}}}$, wobei x das Formelzeichen der Größe bedeutet, deren Pegel angegeben wird, wie zum Beispiel die elektrische Feldstärke E oder der Schalldruck p . x_{ref} ist der Wert der Bezugsgröße, zum Beispiel 1 $\mu\text{V/m}$ für E_0 und 20 μPa für p_0 . Angaben wie

$$L_E(\text{re } 1 \mu\text{V/m}) = -6 \text{ dB} \text{ oder } L_{E/(1 \mu\text{V/m})} = -6 \text{ dB}$$

bedeuten, daß der Pegel einer bestimmten elektrischen Feldstärke 6 dB unterhalb der Bezugsfeldstärke von $E_0 = 1 \mu\text{V/m}$ liegt. In ähnlicher Weise bedeutet

$$L_p(\text{re } 20 \mu\text{Pa}) = 25 \text{ dB} \text{ oder } L_{p/20 \mu\text{Pa}} = 25 \text{ dB} ,$$

daß ein Schalldruckpegel 25 dB über dem Bezugsschalldruck von $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ liegt.

Hinweise:

- 1 Bei Angaben in Tabellen oder in Zeichnungen kann die folgende verkürzte Schreibweise angewendet werden: -6 dB ($1\mu\text{V/m}$); 25 dB ($20 \mu\text{Pa}$).
- 2 Wenn der gleiche Bezugspegel sich ständig wiederholt, genügt es, ihn einmal anzugeben und darauf hinzuweisen, daß der gleiche Bezugspegel weiterhin gilt.
- 3 Nach DIN 1313, Abschnitt 4.2.3 [3] dürfen an den Einheitenzeichen keine Hinweise angebracht werden, die zur Größe gehören, und die deshalb an das Formelzeichen anzubringen sind (vgl. S. 15 oben). Danach sind zum Beispiel Symbole wie dBm (um auf eine Bezugsleistung von 1 mW hinzuweisen) oder dB(A) nicht zulässig.
- 4 Über weitere Schreibweisen bei der Angabe von Pegeln siehe Beiblatt 1 zu DIN 5493-2 [16].

7.5 Gewicht

Die Erklärung der 3. Generalkonferenz für Maß und Gewicht von 1901, wonach *das Wort Gewicht eine Größe derselben Art wie eine Kraft bezeichnet*, hat sich im allgemeinen Sprachgebrauch nicht durchgesetzt. Häufig wird das Wort „Gewicht“ im Sinne einer Masse verwendet. In DIN 1305 [17] wird deshalb gefordert, das Wort „Gewicht“ zu vermeiden, wenn Mißverständnisse zu befürchten sind. Für das Produkt aus Masse und Fallbeschleunigung gibt es die Benennung „Gewichtskraft“.

8 Chemische Namen und Symbole

8.1 Symbole

Die Angaben am Symbol eines chemischen Elementes E werden wie folgt angeordnet:

A	Nukleonenzahl
Z	Ladung oder angeregter Zustand (* Stern)
ν	stöchiometrischer Index
Z	Protonenzahl.

Bei zeilengleicher Schreibweise wird die Nukleonenzahl hinter das Elementsymbol gesetzt (z. B. C 12).

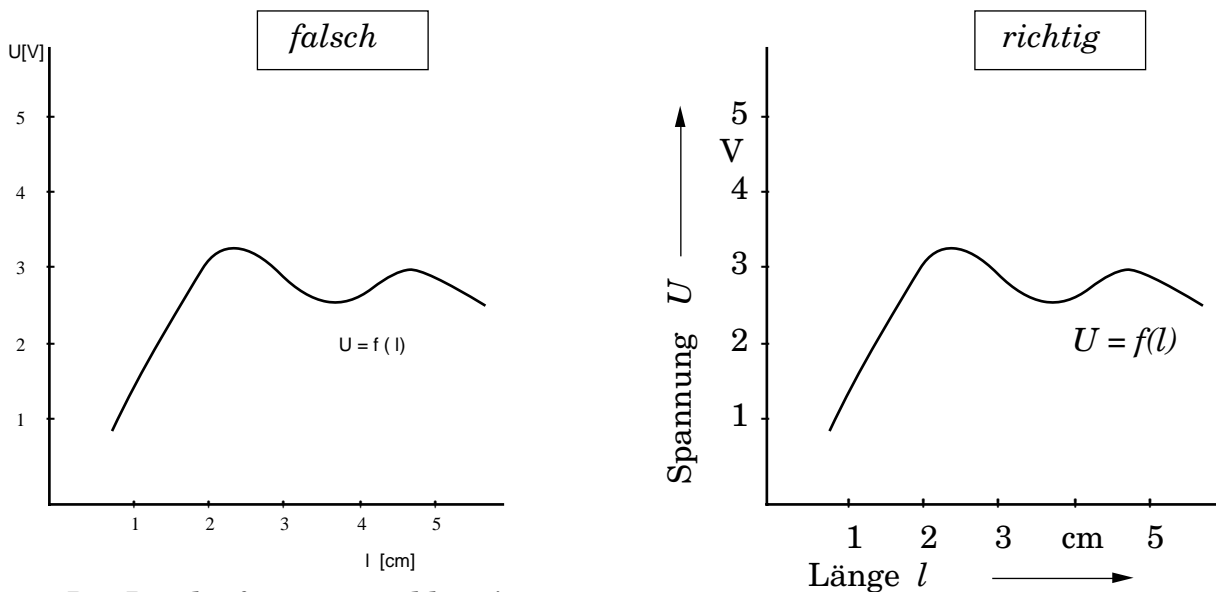
8.2 Chemische Elemente

Die Namen und Symbole der chemischen Elemente sind in DIN 32 640 [18] genormt. Die deutschen Namen der Elemente wurden in mehreren Fällen an die englischen angeglichen. Damit soll erreicht werden, daß alphabetische Register international besser verwendbar werden. Man beachte folgende Fälle:

Symbol	Deutscher Name	Früher gebräuchlicher Name
Bi	Bismut	Wismut
Cd	Cadmium	Kadmium
Cs	Caesium	Cäsium
Ca	Calcium	Kalzium
Co	Cobalt	Kobalt
I	Iod	Jod
Si	Silicium	Silizium

9 Graphische Darstellungen

Es gelten die Regeln nach DIN 461 [19].



*Die Beschriftung ist zu klein !
Einheiten nicht in eckige
Klammern, Formelzeichen
kursiv mit Serifen !*

Die Zeichen für die Beschriftung müssen mindestens 2 mm hoch sein, für Indizes 1,6 mm. Die Einheitenzeichen stehen zwischen den beiden letzten Zahlen an den Koordinatenachsen. Bei Platzmangel kann die vorletzte Zahl an der Achse weggelassen werden.

Für die Größenangabe an der Koordinatenachse genügt entweder das Formelzeichen oder die Größenbenennung. Wenn man nur das Formelzeichen benutzt, hat das den Vorteil, daß die Diagramme beim Einfügen in fremdsprachige Texte nicht geändert werden müssen. Die Pfeile können weggelassen werden. Dann kommen die Pfeilspitzen an die Enden der Koordinatenachsen.

Die meisten Fehler bei graphischen Darstellungen sind eine zu kleine Schrift und zu viele Details. Die graphische Darstellung wird üblicherweise im Format DIN A4 entworfen. Für den Satz wird sie dann verkleinert. Dabei werden die Schriftgrößen und die Strichstärken mit verkleinert. Was im ursprünglichen Entwurf gut zu erkennen ist, ist nach der Verkleinerung oft nicht mehr lesbar.

10 Tabellen

In Tabellenköpfen werden Größennamen oder Formelzeichen angegeben. Wenn die Tabelle nur die Zahlenwerte enthält, schreibt man vor die Einheit im Tabellenkopf „in“. Das Einheitenzeichen darf nicht in eckige Klammern gesetzt werden. Im Tabellenkopf kann auch ein Bruch mit dem Formelzeichen im Zähler und dem Einheitenzeichen im Nenner stehen.

Beispiele:

<i>falsch</i>	<i>richtig</i>	<i>richtig</i>
h [10 ⁻⁷ m]	h in mm	$\frac{h}{\text{mm}}$
6,123	6,123 · 10 ⁻⁴	6,123 · 10 ⁻⁴
...
...
...
...

11 Runden

Beim Runden wird die letzte Stelle, die nach dem Runden noch bei der Zahl verbleibt, Rundestelle genannt. Für das Runden gilt nach DIN 1333 folgende Regel: Steht hinter der Rundestelle eine der Ziffern 0 bis 4, so wird abgerundet, steht hinter der Rundestelle eine der Ziffern 5 bis 9, so wird aufgerundet.

Beispiel:

zu rundende Zahl:	6,217 231	6,217 631
Rundestelle:	↑	↑
Rundeverfahren:	Abrunden	Aufrunden
gerundete Zahl:	6,217	6,218

Soll eine Ergebniszahl mit einer Unsicherheit u gerundet werden, so wird die Rundestelle nach folgender Regel gefunden: Von links beginnend ist die erste von Null verschiedene Ziffer der Unsicherheit zu suchen. Ist diese eine der Ziffern 3 bis 9, so ist sie die Rundestelle (linkes Beispiel unten). Wenn die erste von Null verschiedene Ziffer eine 1 oder 2 ist, ist die Rundestelle rechts daneben (rechtes Beispiel unten). Die Ergebniszahl und die Unsicherheit werden an der gleichen Stelle gerundet. Die Ergebniszahl wird wie oben beschrieben gerundet, die Unsicherheit wird immer aufgerundet.

Beispiel:

Ergebniszahl:	8,579 617	8,579 617
Unsicherheit u :	0,003 83	0,001 632
Rundestelle:	↑	↑
gerundete Ergebniszahl:	8,580	8,579 6
aufgerundete Unsicherheit:	0,004	0,001 7

Die Ergebnisse nach dem Runden sind also: 8,580 ± 0,004 8,579 6 ± 0,001 7

12 Check-Liste für die Überprüfung von Manuskripten

1. Es werden nur Einheiten des SI benutzt und solche Einheiten außerhalb des SI, die zusammen mit SI-Einheiten verwendet werden dürfen (siehe 2 bis 3.2).
2. Abkürzungen für Einheiten wie zum Beispiel Sek. (für Sekunde), ccm (für cm^3) oder U/min (für min^{-1}) kommen nicht vor. Nur die genormten Namen oder Zeichen der zulässigen Einheiten und SI-Vorsätze werden verwendet (siehe 4.2).
3. Angaben in ppm (parts per million), ppb (parts per billion) oder ppt (parts per trillion) kommen nicht vor. Die entsprechenden Größenwerte können zum Beispiel auf folgende Weise angegeben werden: 2,0 $\mu\text{l/l}$ oder $2,0 \cdot 10^{-6}$, 4,3 nm/m oder $4,3 \cdot 10^{-9}$, 7 ps/s oder $7 \cdot 10^{-12}$ (siehe 4.6).
4. Die Einheitenzeichen sind ohne Indizes oder sonstige Anfügungen (siehe 4.2). Zum Beispiel:
 $U_{\max} = 1000 \text{ V}$ nicht aber: $U = 1000 \text{ V}_{\max}$
 $U_- = 110 \text{ V}$ nicht aber: $U = 110 \text{ V}_{\text{DC}}$
ein Massenanteil von 10 % nicht aber: 10 % (m/m) oder 10 Gewichts-Prozente
5. Aussagen wie: „Die Länge l_1 übertrifft die Länge l_2 um 0,2 %“ sind vermieden. Das Prozentzeichen ist gleichbedeutend mit der Zahl 0,01. Man kann also schreiben: $l_1 = l_2 (1 + 0,2 \%)$ oder $(l_1 - l_2)/l_2 = 0,2 \%$ (siehe 4.6).
6. Es werden keine Informationen mit Einheitenzeichen (oder Einheitenamen) vermischt wie zum Beispiel: 20 ml $\text{H}_2\text{O/kg}$. Es muß richtig heißen: „Der Gehalt an Wasser beträgt 20 ml/kg“ (siehe 5.2).
7. Die Einheitenzeichen sind den Zahlenwerten eindeutig zugeordnet und es gibt keine Zweifel, welche mathematische Operation auf die angegebenen Größenwerte angewendet werden soll (siehe 4.2). Die Angaben sind beispielsweise in folgender Weise gemacht:
 $35 \text{ cm} \times 48 \text{ cm}$ nicht aber: $35 \times 48 \text{ cm}$
1 MHz bis 10 MHz nicht aber: 1 MHz – 10 MHz oder 1 bis 10 MHz
20 °C bis 30 °C nicht aber: 20 °C – 30 °C oder 20 bis 30 °C
123 g \pm 2 g nicht aber: 123 \pm 2 g
70 % \pm 5 % oder (70 \pm 5) % nicht aber: 70 \pm 5 %
240 (1 \pm 10 %) V nicht aber: 240 V \pm 10 %.
8. Einheitenamen und Einheitenzeichen werden nicht kombiniert, mathematische Zeichen werden nicht auf Einheitenamen angewendet. Zum Beispiel werden Kilogramm/ m^3 , kg/Kubikmeter, Kilogramm/Kubikmeter, kg durch m^3 , oder Kilogramm durch Meter³ vermieden. Die korrekte Einheitendarstellung ist kg/m^3 , $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, oder im Text: Kilogramm durch Kubikmeter (siehe 4.1).
9. Zwischen Zahlenwert und Einheit wurde ein Zwischenraum gelassen. Eine Ausnahme gibt es nur bei den hochgestellten Einheitenzeichen für den ebenen Winkel. Bei Größenangaben, die wie ein Adjektives gebraucht werden, verwendet man zwei Bindestriche (siehe 4.2, 5.2). Beispiel: eine 25-kg-Kugel.
2° 3' 4" nicht aber: 2 ° 3 ' 4 "
10. Als Dezimalzeichen wird das Komma verwendet, auch in englischsprachigen Texten (siehe 4.5 und ISO 31-0).
11. Zahlenwerte, die vom Dezimalkomma ausgehend, mehr als vier Ziffern auf einer der beiden Seiten haben, werden ebenfalls vom Komma ausgehend in Dreiergruppen zusammengefaßt, die durch einen schmalen Zwischenraum getrennt werden. In die Zwischenräume werden weder Punkte noch Kommata gesetzt (siehe 4.5). Beispiel: 15 739,012 53

12. Es werden vorzugsweise Größengleichungen verwendet. Wenn Zahlenwertgleichungen benutzt werden, sind sie als solche zu kennzeichnen, außerdem muß angegeben werden, in welchen Einheiten die Zahlenwerte einzusetzen sind (siehe 6).
13. Es werden die genormten Formelzeichen (vgl. DIN 1304) und die genormten mathematischen Zeichen (vgl. DIN 1302 [20]) verwendet. Zum Beispiel schreibt man „tan x “ und nicht „tg x “. $\lg x$ bezeichnet den Zehnerlogarithmus, $\log_a x$ allgemein einen Logarithmus mit der Basis a .
14. Einheitenzeichen werden steil, Formelzeichen kursiv gedruckt. Indizes an Formelzeichen sind kursiv, wenn sie eine physikalische Größe bedeuten, sonst steil (siehe 4.4).
15. Falls das Wort „Gewicht“ verwendet wird, soll die Bedeutung klar sein. Wenn das Wort Gewicht im Sinne einer Kraft benutzt wird, lautet die genormte Benennung „Gewichtskraft“ (siehe 7.5 und DIN 1305 [17]).
16. Ein Größenquotient, zum Beispiel die Dichte wird geschrieben: „Masse durch Volumen“ und nicht „Masse pro Volumen“ oder „Masse je Volumeneinheit“ (siehe 4.1).
17. Zwischen Gegenstand und physikalischer Größe wird unterschieden. Zum Beispiel zwischen „Körper“ und „Masse“, zwischen „Spule“ und „Induktivität“, zwischen „Raum“ und „Volumen“ (siehe 5.1).
18. Der Name „Molarität“ für die Stoffmengenkonzentration und „Normalität“ für die Äquivalentkonzentration sowie die Zeichen M (molar) und N (normal) für die Einheit mol/l bzw. für die früher verwendete Einheit val/l werden nicht mehr angewendet. Stattdessen wird die Stoffmengenkonzentration $c(X)$ oder die Äquivalentkonzentration $c(\text{eq})$ verwendet (siehe 7.3 und DIN 32 625 [13]).

13 Literatur

- [1] Bureau International des Poids et Mesures: Le Système International d'Unités (SI). 6^e Édition, 1991: Pavillon de Breteuil, F-92310 Sèvres.– ISBN 92-822-2112-1
- [2] Taylor, B. N.: Guide for the Use of the International System of Units (SI). Gaithersburg, 1995 (NIST Special Publication 811)
- [3] Norm DIN 1313 April 1978. Physikalische Größen und Gleichungen, Begriffe, Schreibweisen
- [4] Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Einheiten im Meßwesen (i. d. F. des Vorschlages vom 21. Juni 1991 (91/C 185/06), ABl. Nr. C 185 vom 17.7.91, S. 13–21
- [5] Gesetz über Einheiten im Meßwesen (i. d. F. v. 22.2.1985), BGBl. I, S. 409–410
- [6] Einheitenverordnung. Vom 13.12.1985, BGBl. I, S. 2272–2275
- [7] Sacklowski, A.: Einheitenlexikon, Entstehung, Anwendung, Erläuterung von Gesetz und Normen. Berlin: Beuth-Verlag, 1986 (Beuth-Kommentare).– ISBN 3-410-11988-4
- [8] Codata Bulletin No. 63 vom November 1986, Codata Secretariat, 51 Boulevard de Montmorcency, F-75016 Paris
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): DIN-Taschenbuch 202, Formelzeichen, Formelsatz, Mathematische Zeichen und Begriffe. 2. Auflage. Berlin, Köln: Beuth-Verlag, 1994.–ISBN 3-410-12954-5
- [10] International Organization for Standardization: Quantities and Units. Third edition. Genf: International Organization for Standardization, 1993 (ISO Standards Handbook).– ISBN 92-67-10185-4
- [11] Norm IEC 27-1 1971. Letter Symbols to be used in electrical technology
- [12] Norm DIN 1310 April 1984. Zusammensetzung von Mischphasen (Gasgemische, Lösungen, Mischkristalle) Begriffe, Formelzeichen
- [13] Norm DIN 32 625 Dezember 1989. Größen und Einheiten in der Chemie, Stoffmenge und davon abgeleitete Größen, Begriffe und Definitionen
- [14] Norm IEC 27-3 1974. Logarithmic quantities and units
- [15] Norm DIN 5493-2 September 1994. Logarithmische Größen und Einheiten, Logarithmierte Größenverhältnisse, Maße, Pegel in Neper und Dezibel
- [16] Norm Beiblatt 1 zu DIN 5493-2 September 1994. Logarithmische Größen und Einheiten, Logarithmierte Größenverhältnisse, Pegel, Hinweiszeichen auf Bezugsgrößen und Meßbedingungen
- [17] Norm DIN 1305 Januar 1988. Masse, Wägewert, Kraft, Gewichtskraft, Gewicht, Last, Begriffe
- [18] Norm DIN 32 640 Juli 1980. Chemische Elemente und einfache anorganische Verbindungen, Namen und Symbole
- [19] Norm DIN 461 März 1973. Graphische Darstellungen in Koordinatensystemen
- [20] Norm DIN 1302 April 1994. Allgemeine mathematische Zeichen und Begriffe
- [21] Anderton, P.; Bigg, P. H.: Changing to the metric system, conversion factors, symbols and definitions. London: Her Majesty's Stationery Office, 1965
- [22] Norm ANSI/IEEE Std 268-1982. American National Standard, Metric Practice
- [23] Drath, P. in: Landolt-Börnstein, Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaft und Technik, Neue Serie: Einheiten und Fundamentalkonstanten in Physik und Chemie, Teilband a: Einheiten in Physik und Chemie, S. 2-1 bis 2-10.
- [24] IERS Convention (1996), D. D. McCarthy ed., IERS Technical Note 21, Observatoire de Paris, Juli 1996