



Masseinheiten

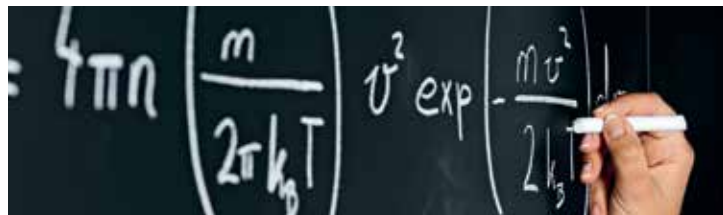


Inhaltsverzeichnis

Masseinheiten und Einheitensysteme	3
Der Meter	6
Das Kilogramm	7
Die Sekunde	8
Das Ampere	9
Das Kelvin	10
Das Mol	11
Die Candela	12
SI-Vorsätze • Dezimale, Bruchteile und Vielfache	13
Zur Schreibweise numerischer Werte physikalischer Grössen	14
Naturkonstanten	15
Gebräuchliche Masseinheiten im Überblick	16
Raum und Zeit	16
Mechanik und Akustik	17
Temperatur und Wärme	18
Elektrizität und Magnetismus	18
Photometrie und Radiometrie	19
Radioaktivität, ionisierende Strahlung	20
Chemie	20
Umrechnung der gebräuchlichsten britischen (UK) und amerikanischen (US) Einheiten in SI-Einheiten	21
Alphabetisches Verzeichnis der Zeichen für Masseinheiten	22
METAS: das nationale Metrologieinstitut der Schweiz	26

Impressum

Herausgeber	Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS Lindenweg 50, 3003 Bern-Wabern, Schweiz Tel. +41 58 387 01 11, www.metas.ch
Sprachen	Die Broschüre <i>Masseinheiten</i> wird in deutscher, französischer und italienischer Sprache herausgegeben.
Ausgabe	Januar 2013
Hinweis	Diese Broschüre wurde mit grosser Sorgfalt zusammengestellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.
Nachdruck	mit Quellenangabe gestattet, Belegexemplare erwünscht.



Masseinheiten und Einheitensysteme

Masseinheiten dienen zum Bestimmen des Wertes physikalischer Grössen. Beim Messen wird die zu messende Grösse mit der Einheit beziehungsweise mit einem Referenzmass verglichen, das ein Vielfaches oder ein Teil der Einheit ist. Messergebnisse können miteinander nur verglichen werden, wenn sie sich auf die gleiche Einheit beziehen.

Menschen messen seit jeher. Messen hilft, die Umgebung ordnend zu erfassen, sich in der Vielfalt der Dinge und Ereignisse der Umwelt zurechtzufinden. Schon zur Zeit des Tauschhandels war es erforderlich, Mengen von Handelsgütern verlässlich bestimmen zu können. Um Mass zu nehmen, benutzte man Vergleichsgrössen, die sich vom menschlichen Körper (*Fuss, Elle, Handvoll* usw.) oder von Gefässen (*Amphore, Fass, Sack, Korb*) ableiteten. Messen, das Verwenden von Massen und Gewichten, war zu Beginn fast ausschliesslich eine lokale Angelegenheit. Dies galt entsprechend auch für das Festlegen von Masseinheiten. Eine Masseinheit konnte je nach Region für unterschiedlich grosse Mengen stehen – trotz gleichnamiger Bezeichnung.

Während Jahrhunderten waren denn auch unterschiedliche Masseinheiten und Einheitensysteme nebeneinander in Gebrauch. Mit der Ausdehnung der Handelsbeziehungen im 18. Jahrhundert und den Fortschritten in Wissenschaft und Technik wurde man sich bewusst, welche Mühen und Umtriebe der Wirrwarr von Einheiten mit sich brachte. Zudem genügten die vielfältigen Einheiten des Mittelalters, wie Unze, Talent, Elle oder Pfund, den modernen Anforderungen nach Unveränderlichkeit und Einheitlichkeit nicht mehr.

Um die hinderliche Fülle nebeneinander existierender Masseinheiten begrenzen zu können, wurde 1875 von zunächst 17 Staaten – darunter der Schweiz – ein wissenschaftlich-technischer Staatsvertrag unterzeichnet: der Metervertrag. In der Folge wurden die unterschiedlichen Masseinheiten durch das metrische System

und später das Internationale Einheitensystem SI ersetzt. Gleichzeitig wurde die Grundlage für eine international abgestimmte und anerkannte metrologische Infrastruktur geschaffen.

Ein Einheitensystem ist ein Satz von Regeln, der die Masseinheiten in Naturwissenschaft und Technik widerspruchsfrei festlegt, aber auch Handel und Gesellschaft gerecht wird. Entsprechend dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt muss es immer wieder den neuen Anforderungen angepasst werden. Das weltweit angewandte Internationale Einheitensystem – auch *SI* genannt nach der französischen Bezeichnung *Système international d'unités* – ist Ergebnis einer langen geschichtlichen Entwicklung. Das SI wurde 1960 eingeführt und löste in der Folge eine Reihe verschiedener Einheitensysteme ab, die vor allem in den Naturwissenschaften Verwendung fanden. Damit wurden komplizierte Umrechnungen überflüssig. In der Schweiz sind die gesetzlichen Bestimmungen über die Anwendung des SI im Bundesgesetz über das Messwesen und in der Einheiten-Verordnung geregelt.

Im SI werden Basiseinheiten und abgeleitete Einheiten unterschieden. Die Basiseinheiten des SI sind: der Meter, das Kilogramm, die Sekunde, das Ampere, das Kelvin, das Mol und die Candela. Die abgeleiteten Einheiten werden aus den Basiseinheiten durch die gleichen algebraischen Beziehungen gebildet, wie sie aufgrund der Naturgesetze für die entsprechenden Grössen gelten. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist dabei die Kohärenz, das heisst die Eigenschaft, abgeleitete Einheiten durch Multiplikation und Division von Basiseinheiten zu bilden, ohne weitere Zahlenfaktoren zu verwenden.

Eine wichtige Forderung an die Basiseinheiten ist ihre Unabhängigkeit von Raum und Zeit. Sie sollten jederzeit in irgendeinem Labor reproduziert werden können. Zur Erfüllung dieser Forderung wurden ihre Definitionen schon mehrmals geändert. Sie basieren heute mit Ausnahme des Kilogramms und des Mols nicht mehr auf Massverkörperungen, sondern auf Naturkonstanten oder Naturphänomenen. Nur die Einheit Kilogramm wird immer noch mit Hilfe einer Massverkörperung, des internationalen Kilogrammprototyps

(Urkilogramm), definiert. An verschiedenen nationalen Metrologieinstituten auf der ganzen Welt werden Forschungsarbeiten für eine Neudefinition der Einheit Kilogramm durchgeführt. Ziel dieser Arbeiten ist es, die Einheit Kilogramm gestützt auf eine Naturkonstante, nämlich die Planck'sche Konstante, definieren zu können. Das Eidgenössische Institut für Metrologie (METAS) ist mit dem sogenannten Watt-Waage-Projekt an diesen Arbeiten massgeblich beteiligt. Sobald die Forschungsarbeiten weltweit mit der nötigen Verlässlichkeit genügend genaue Resultate liefern, kann das Kilogramm neu definiert werden; das Urkilogramm wäre dann nicht mehr länger das Referenzmass.

Am 24. Konferenz Generalkonferenz für Mass und Gewicht im Oktober 2011 wurde ein Entwurf für eine Neudefinition aller Basiseinheiten des SI vorgelegt (New SI). Kennzeichen dieses Entwurfs ist es, dass sämtliche Basiseinheiten je mit Hilfe einer Konstante definiert werden. Ab wann diese Neudefinitionen gelten sollen, ist noch nicht bestimmt.



Der Meter

Der Meter (m) ist die Länge der Strecke, die Licht im Vakuum während der Dauer 1/299 792 458 Sekunde durchläuft.

Referenzmasse zum Bestimmen von Längen wurden ursprünglich vom Menschen abgeleitet: *Elle, Fuss, Spanne* etc. Mit dem Metervertrag von 1875 wurde die Einheit der Länge durch eine Massverkörperung, den «Urmeter», festgelegt.

Die heutige Definition lässt sich mit einer physikalischen Gleichung verstehen – Weg ist Geschwindigkeit mal Zeit. Eine Laufzeitmessung definiert somit den Meter, das heisst, dass die Einheit der Länge von der Zeit abhängt. Der Naturkonstante Lichtgeschwindigkeit wird ein fester Wert zugewiesen.

Präzisionsmessungen von Längen führt man mit Hilfe von Lasern, deren Frequenz bekannt und hochstabil ist, durch. Dank der Überlagerung von Wellen, der Interferenz, kann man auf einer Wegstrecke direkt die Wellenlänge des Lasers abzählen. Die Lichtwellen bilden sozusagen einen materielosen Massstab. Deren Wellenlänge wiederum lässt sich aus der Frequenz des Lasers und der Lichtgeschwindigkeit bestimmen.

Als sogenanntes Primärreferenznormal für die Längeneinheit dienen meistens Helium-Neon-Laser, deren optische Frequenz auf einen atomaren Übergang, nämlich eine Jod-Absorptionslinie, stabilisiert wird. Drei solcher Laser stellen am METAS die Meterbasis der Schweiz sicher. Sie werden regelmässig untereinander und mit gleichartigen Lasern ausländischer Metrologieinstitute verglichen. Ihre optische Frequenz wird mit Hilfe eines sogenannten Frequenzkamms direkt mit den Atomuhren des METAS verglichen.



Das Kilogramm

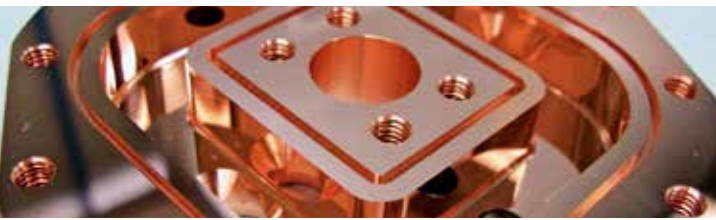
Das Kilogramm (kg) ist gleich der Masse des Internationalen Kilogrammprototyps.

Bis heute wird die Einheit der Masse mit einer Massverkörperung definiert: Der internationale Kilogrammprototyp von 1889, das «Urkilogramm», dient immer noch als Bezugsobjekt für Massebestimmungen. Das Urkilogramm ist ein Zylinder – 39 Millimeter hoch, 39 Millimeter breit – aus einer Legierung von 90 % Platin und 10 % Iridium und wird im Internationalen Büro für Mass und Gewicht (BIPM) in Paris aufbewahrt.

Die meisten Mitgliedstaaten des Metervertrags besitzen eine Kopie des Urkilogramms. Diese wird in den nationalen Metrologieinstituten zur Überprüfung der Arbeitsreferenzmasse (Arbeitsnormale) verwendet, mit denen schliesslich die in der Praxis verwendeten Gewichtsstücke und Waagen kalibriert werden.

Die Arbeitsnormale des METAS werden mit Hilfe eines automatisch arbeitenden Massekomparators, der in einem luftdichten Stahlgehäuse untergebracht ist, mit dem nationalen Urkilogramm verglichen («angeschlossen»). Damit ist es möglich, Referenzmasse in einer von Luftdruck- und Temperaturschwankungen nahezu vollständig geschützten Umgebung mit einer Messunsicherheit von 10 Mikrogramm (Millionstelgramm) zu vergleichen.

Weltweit wird nach Möglichkeiten gesucht, die Einheit der Masse mit Hilfe von Naturkonstanten festlegen zu können. Das METAS arbeitet mit einem sogenannten Watt-Waage-Projekt massgeblich daran mit. Ziel der Watt-Waagen ist es, durch den hochgenauen Vergleich von elektrischer und mechanischer Leistung das Kilogramm auf die Planck'sche Konstante zurückzuführen. Bis zum Druck dieser Broschüre haben die Watt-Waagen und andere Projekte zur Neudefinition des Kilogramms noch nicht die erforderliche Genauigkeit erreicht, die für den Wechsel auf eine neue Definition der Einheit erforderlich ist.



Die Sekunde

Die Sekunde (s) ist das 9 192 631 770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids Cäsium 133 entsprechenden Strahlung.

Unsere Zeiteinteilung basiert auf der Rotation der Erde um die eigene Achse (Tag) und dem Umlauf der Erde um die Sonne (Jahr). Die Sekunde wurde traditionell als der 86 400ste Teil des mittleren Sonnentages festgelegt. Immer genauere Zeitmessungen haben gezeigt, dass die Bewegungen der Himmelskörper für hohe Genauigkeitsansprüche nicht konstant genug sind. Deshalb wird die Zeiteinheit heute durch einen atomaren Vorgang festgelegt. Zwei Energieniveaus eines Cäsiumatoms der Massenzahl 133 haben sich als besonders geeignet erwiesen. Durch den Übergang zwischen zwei ausgewählten Energieniveaus entsteht Strahlung im Mikrowellenbereich. 9 192 631 770 Perioden der Schwingung dieser Strahlung ergeben eine Sekunde. Das wurde 1967 festgelegt nach einem Vergleich der früher gültigen, astronomisch definierten Sekunde mit einer Cäsium-Atomuhr.

Mit den besten Atomuhren lassen sich Genauigkeiten erreichen, die einer Abweichung von lediglich einer Sekunde in 30 Millionen Jahren entsprechen. Die Sekunde ist die Einheit, die mit Abstand am genauesten realisiert werden kann.

Zusammen mit 60 anderen Zeitinstituten weltweit trägt das METAS mit einer Gruppe von ununterbrochen betriebenen Atomuhren zur koordinierten Weltzeit (UTC) und zur internationalen Atomzeit (TAI) bei. Die beiden internationalen Zeitskalen, die sich nur um eine ganze Anzahl von Schaltsekunden unterscheiden, werden aus den erwähnten Beiträgen der Zeitinstitute im Internationalen Büro für Mass und Gewicht (BIPM) in Paris ermittelt. Rund ein Dutzend hoch genauer Primärfrequenznormale tragen zusätzlich zur Kalibrierung von TAI bei. Das METAS betreibt ein solches Normal, das auf einem kontinuierlichen Strahl lasergekühlter Cäsiumatome beruht.



Das Ampere

Das Ampere (A) ist die Stärke eines zeitlich unveränderlichen elektrischen Stromes, der – durch zwei im Vakuum parallel im Abstand von 1 Meter voneinander angeordnete, geradlinige, unendlich lange Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt fließend – zwischen diesen Leitern je 1 Meter Leiterlänge die Kraft $2 \cdot 10^{-7}$ Newton hervorgerufen würde.

Die Definition des Amperes wurde 1946 vorgeschlagen und gilt seit 1948. Sie wurde zusammen mit den übrigen, damals als «absolute Einheiten» bezeichneten elektrischen Einheiten festgelegt. Als «absolut» wurden sie bezeichnet, weil auf materialunabhängige Weise nach rein theoretischen Überlegungen einzig die Grösse der elektrischen Einheiten festgelegt werden sollte, nicht aber der praktische Weg ihrer Realisierung.

So ist die Definition des Amperes nicht für die praktische Realisierung der Stromeinheit geeignet; sie legt einzig den Wert der magnetischen Feldkonstante μ_0 fest. Berechnet man nämlich mit Hilfe des Ampere'schen Gesetzes die Kraft zwischen zwei geraden, parallelen Leitern im Abstand von einem Meter und setzt die Werte der Ampere-Definition ein, folgt $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$. Die Definition des Amperes dient, wie die Definition des Meters, einzig der Festlegung einer physikalischen Naturkonstante. Mit der Festlegung von μ_0 und der Lichtgeschwindigkeit c (siehe Meterdefinition) ist auch die elektrische Feldkonstante ϵ_0 festgelegt. Mit der Kenntnis dieser Werte und den Gesetzen der Physik können Werte elektrischer Grössen für Kalibrierzwecke realisiert werden. Im METAS erfolgt dies heute, wie in vielen anderen nationalen Metrologieinstituten, mit Methoden, die auf Quanteneffekten (Josephson-Effekt, Quanten-Hall-Effekt) beruhen.



Das Kelvin

Das Kelvin (K) ist der 273,16te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes von Wasser.

Der Tripelpunkt von Wasser ist der einzige thermodynamische Zustand, bei dem Wasser gleichzeitig in drei Phasen – Eis, Wasser, Wasserdampf – existiert. Solange alle drei Phasen vorhanden sind, bleiben Temperatur und Druck konstant. Sie sind auch unabhängig von den Mengen der einzelnen Phasen. Die Temperatur beträgt $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($273,16$ Kelvin). Der Tripelpunkt wird mit einem speziellen Glasgefäss, einer sogenannten Tripelpunktzelle, realisiert. Darin kühlt man reines Wasser einer genau definierten Isotopenzusammensetzung so weit ab, bis es den Tripelpunkt erreicht hat. Der Tripelpunkt des Wassers und der naturgegebene absolute Nullpunkt definieren die thermodynamische Temperaturskala. Diese ist eigentlich eine verschobene Celsius-Skala mit einem Nullpunkt bei $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Weil sie beim absoluten Nullpunkt beginnt, kennt die thermodynamische Temperaturskala keine negativen Temperaturen.

Die praktische Realisierung der Temperaturskala erfolgt in der Regel mit einer Reihe hochstabiler Temperaturfixpunkte, zum Beispiel dem Punkt, an dem flüssiges Helium verdampft oder Zink schmilzt, dem Tripelpunkt von Wasser oder anderer Elemente.

Die Temperatur dieser Fixpunkte wurde mit Primärthermometern ermittelt. Danach wurden die Temperaturwerte dieser Fixpunkte und die Interpolationsverfahren dazwischen per Konvention international festgelegt. Sie bilden die Internationale Temperaturskala von 1990 (ITS-90).

Die thermometrische Basis in der Schweiz besteht aus rund 30 Temperaturfixpunktzellen, die den Bereich von $-189\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $961\text{ }^{\circ}\text{C}$ redundant abdecken.



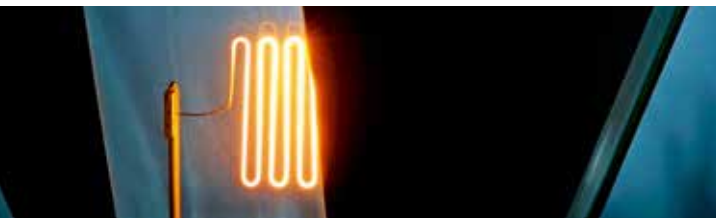
Das Mol

Das Mol (mol) ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebenso vielen Einzelteilchen besteht, wie Atome in 0,012 Kilogramm des Kohlenstoffnuklids 12 enthalten sind. Bei Verwendung des Mols müssen die Einzelteilchen spezifiziert sein und können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen sowie andere Teilchen oder Gruppen solcher Teilchen genau angegebener Zusammensetzung sein. Diese Definition bezieht sich auf ungebundene Atome von Kohlenstoff 12 in Ruhe und im Grundzustand.

Um die Menge eines Stoffes oder seiner Bestandteile anzugeben, genügt es, die einzelnen Bestandteile (Atome, Moleküle usw.) zu zählen. Dazu braucht es eigentlich keine Einheit. Atome und Moleküle sind jedoch so winzig und liegen in der Regel in so grosser Zahl vor, dass ein einfaches Zählen nicht möglich ist. Wenn man aber die Verhältnisse der Atom- und Molekülmassen zueinander kennt, können Stoffmengen auch durch Wägen abgemessen werden. Das Referenzmass für diese Wägungen ist das Mol. Es schlägt als Werkzeug der Chemiker gewissermassen die Brücke vom Mikrokosmos zum Laboralltag. Das Mol wurde 1971 als siebte Basiseinheit in das SI aufgenommen.

In einem Mol einer beliebigen Substanz sind gleich viele Teilchen enthalten, wie es Kohlenstoffatome in 12 g des Kohlenstoffnuklids 12 hat, nämlich 602 Trilliarden oder $6,022\,141\,79\,(27) \cdot 10^{23}$ Teilchen. Diese Zahl nennt man die Avogadro-Zahl, früher auch als Loschmidt'sche Zahl bekannt.

Das Mol ist heute mit der Einheit Kilogramm verknüpft. Eines der Projekte für eine Neudefinition der Einheit Kilogramm, das Avogadro-Projekt, stützt sich auf diesen Zusammenhang. Bei diesem Projekt versucht man, vereinfacht gesagt, die Zahl der Atome in einer Kugel aus hochreinem Silizium genau zu ermitteln.



Die Candela

Die Candela (cd) ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz $540 \cdot 10^{12}$ Hertz aussendet und deren Strahlstärke in dieser Richtung $1/683$ Watt pro Steradian beträgt.

An sich werden zur Messung des Lichts keine besonderen Einheiten benötigt. Licht ist nichts anderes als elektromagnetische Strahlung, die das menschliche Auge wahrnehmen kann. Sie kann in den bereits bekannten Einheiten gemessen werden. Weil der menschliche Sehsinn eine zentrale Bedeutung hat, ist man aber übereingekommen, eine eigene Basiseinheit zu definieren für die subjektive Wirkung der elektromagnetischen Strahlung auf das menschliche Auge.

Die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges ist abhängig von der Wellenlänge bzw. der Farbe des Lichts: Für Menschen erscheint etwa gelbes Licht heller als rotes. Will man Licht mit physikalischen Geräten messen, bedarf es eines Masses für die subjektiv empfundene Helligkeit der Farben des sichtbaren Lichts. Dieses Mass liefert der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$. Seine Werte für Wellenlängen von 360 bis 830 Nanometern wurden aus Messungen an Versuchspersonen ermittelt und international festgelegt. Aufgrund ihrer spektralen Anpassung reagieren Photometer auf Licht unterschiedlicher Wellenlänge ähnlich wie das menschliche Auge.

Beim METAS wird die Candela mittels einer Gruppe von kalibrierten Luxmetern dargestellt. Diese bestehen aus Siliziumdetektoren mit nahezu 100 % Quantenausbeute, einer Präzisionsblende und einem temperaturstabilisierten Farbfilter für die Anpassung an $V(\lambda)$. Sie sind ihrerseits an die Primärrealisierung der optischen Strahlungseinheit angeschlossen, an ein kryogenes Absolutradiometer, das Strahlungsleistung mit elektrischer Heizleistung vergleicht.

SI-Vorsätze

Faktor	Vorsatzname	Vorsatzzeichen
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{24}	Yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{21}	Zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}	Exa	E
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{15}	Peta	P
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{12}	Tera	T
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^9	Giga	G
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^6	Mega	M
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^3	Kilo	k
100 = 10^2	Hekto	h
10 = 10^1	Deka	da
0,1 = 10^{-1}	Dezi	d
0,01 = 10^{-2}	Zenti	c
0,001 = 10^{-3}	Milli	m
0,000 001 = 10^{-6}	Mikro	μ
0,000 000 001 = 10^{-9}	Nano	n
0,000 000 000 001 = 10^{-12}	Piko	p
0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}	Femto	f
0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	Atto	a
0,000 000 000 000 000 000 001 = 10^{-21}	Zepto	z
0,000 000 000 000 000 000 000 001 = 10^{-24}	Yokto	y

Dezimale, Bruchteile und Vielfache

Da die Zahlen von über 1 000 bzw. unter 0,001 viel Platz beanspruchen und ausserdem die Lesbarkeit beeinträchtigen, werden im SI für dezimale Bruchteile und Vielfache besondere Vorsätze eingeführt. Diese werden ohne Zwischenraum vor die Einheiten geschrieben. Die Kumulation von Vorsatzzeichen ist jedoch nicht gestattet. Potenzexponenten bei derart zusammengesetzten Zeichen beziehen sich jeweils auf das ganze Zeichen. Nicht zugelassen sind die SI-Vorsätze für die Winkleinheiten $''$, $'$ und $^\circ$, die Zeiteinheiten min, h und d, die Flächenmasse a und ha, das metrische Karat ct sowie die Dioptrie.

Beispiele

$12\ 000\ \text{N} = 12 \cdot 10^3\ \text{N} = 12\ \text{kN}$
 $0,000\ 05\ \text{s} = 50 \cdot 10^{-6}\ \text{s} = 50\ \mu\text{s}$
 $0,004\ \mu\text{m} = 4 \cdot 10^{-3}\ \mu\text{m} = 4 \cdot 10^{-9}\ \text{m} = 4\ \text{nm}$
 $0,000\ 004\ \text{kg} = 4 \cdot 10^{-6}\ \text{kg} = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{g} = 4\ \text{mg}$

Zur Schreibweise numerischer Werte physikalischer Grössen

Beispiel

generell $A = \{A\} \cdot [A]$

A: physikalische Grösse, {A}: numerischer Wert, [A]: Einheit $\lambda = 3,896 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ oder $\lambda = 389,6 \text{ nm}$

Als Dezimalzeichen kann nach ISO 80 000-1 das Komma oder der Punkt verwendet werden, je nach nationalen oder sprachlichen Gepflogenheiten. 3,896
Innerhalb eines Textes sollte es immer gleich verwendet werden. 3.896

Vielstellige Zahlen werden im technisch-wissenschaftlichen Bereich der besseren Lesbarkeit wegen in Gruppen zu drei Ziffern unterteilt. 4 867,219 1 statt 4867,2191

Bei Unklarheiten zwischen Multiplikanden wird ein Multiplikationszeichen (halbhoher Punkt) oder ein \times (Kreuz) gesetzt. $3,86 \cdot 4,23$ oder $3,86 \times 4,23$

Zusatzbezeichnungen von Grössen müssen beim Grössen- und nicht beim Einheitsymbol stehen. $U_{\text{max}} = 500 \text{ V}$ nicht $U = 500 \text{ V}_{\text{max}}$

Physikalische Grössen werden *kursiv*, Einheiten und Funktionen in gerader Schrift (senkrecht) dargestellt. $p(h) = p_0 \exp(-h/8 \text{ 000 m})$

Naturkonstanten

Name	Symbol	Wert	Einheit	relative Unsicherheit
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c	299 792 458	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	exakt
Magnetische Feldkonstante	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} = 12,566 \text{ 370 614} \dots \cdot 10^{-7}$	$\text{N} \cdot \text{A}^{-2}$	exakt
Elektrische Feldkonstante	ϵ_0	$1/\mu_0 c^2 = 8,854 \text{ 187 817} \dots \cdot 10^{-12}$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$	exakt
Gravitationskonstante	G	$6,673 \text{ 84} (80) \cdot 10^{-11}$	$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Planck-Konstante	h	$6,626 \text{ 069 57} (29) \cdot 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Elementarladung	e	$1,602 \text{ 176 565} (35) \cdot 10^{-19}$	C	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Magnetisches Flussquantum	ϕ_0	$2,067 \text{ 833 758} (46) \cdot 10^{-15}$	Wb	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Leitfähigkeitsquantum	G_0	$7,748 \text{ 091 734 6} (25) \cdot 10^{-5}$	S	$3,2 \cdot 10^{-10}$
Masse des Elektrons	m_e	$9,109 \text{ 382 91} (40) \cdot 10^{-31}$	kg	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Masse des Protons	m_p	$1,672 \text{ 621 777} (74) \cdot 10^{-27}$	kg	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Atomare Masseneinheit	m_u	$1,660 \text{ 538 921} (73) \cdot 10^{-27}$	kg	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Feinstrukturkonstante	α	$7,297 \text{ 352 569 8} (24) \cdot 10^{-3}$		$3,2 \cdot 10^{-10}$
Rydberg-Konstante	R_{∞}	$10 \text{ 973 731,568 539} (55)$	m^{-1}	$5,0 \cdot 10^{-12}$
Avogadro-Konstante	N_A	$6,022 \text{ 141 29} (27) \cdot 10^{23}$	mol^{-1}	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Faraday-Konstante	F	$96 \text{ 485,336 5} (21)$	$\text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Gaskonstante	R	$8,314 \text{ 462 1} (75)$	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Boltzmann-Konstante	k	$1,380 \text{ 648 8} (13) \cdot 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$

Gebräuchliche Masseinheiten im Überblick

Grössen	gesetzlich geregelte Einheiten	Beziehung zwischen den Einheiten	andere Einheiten/Bemerkungen
SI-Einheiten	weitere Einheiten		
Raum und Zeit			
Länge	m (Meter)		Ångström: $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
			Seemeile: 1 M (auch NM, Nm und nm) = 1,852 km
			Astronomische Einheit: $1 \text{ ua} = 1,496 \dots \cdot 10^{11} \text{ m}$
			Optische Brechkraft: $1 \text{ Dioptrie} = 1 \text{ m}^{-1}$
Fläche	m² (Quadratmeter)	a (Are), ha (Hektare)	$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$; $1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$
		b (Barn)	$1 \text{ b} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{28} \text{ m}^2$
Volumen	m³ (Kubikmeter)	l, L (Liter)	$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$
Ebener Winkel	rad (Radian)		$1 \text{ rad} = 1 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$
		° (Grad), ' (Minute), '' (Sekunde)	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$; $1' = (1/60)^\circ$, $1'' = (1/60)'$
		sr (Steradian)	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$
Zeit	s (Sekunde)	min (Minute), h (Stunde)	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$; $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$
		d (Tag)	$1 \text{ d} = 86\,400 \text{ s}$
Geschwindigkeit	m · s⁻¹	km · h ⁻¹	$1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 0,277 \dots \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
			Knoten: $1 \text{ kn} = (1\,852/3\,600) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Beschleunigung	m · s⁻²		Gal: $1 \text{ Gal} = 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Frequenz	Hz (Hertz)	s ⁻¹	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$

Mechanik und Akustik

Masse	kg (Kilogramm)	g (Gramm), t (Tonne)	$1 \text{ t} = 1\,000 \text{ kg}$	Zentner: $1 \text{ q} = 100 \text{ kg}$
		u (atomare Masseneinheit)	$1 \text{ u} = 1,660\,538\,921 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	anderer Name: Dalton (Da)
		ct (metrisches Karat)	$1 \text{ ct} = 0,2 \text{ g}$	
Längenbezogene Masse	kg · m⁻¹	tex (für textile Fäden)	$1 \text{ tex} = 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} = 1 \text{ g} \cdot \text{km}^{-1}$	Denier: $1 \text{ den} = \frac{1}{9} \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
Dichte	kg · m⁻³			
Impuls	kg · m · s⁻¹		$1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ N} \cdot \text{s}$	
Massenträgheitsmoment	kg · m²		$1 \text{ kp} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2 = 9,806\,65 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$1 \text{ kp} = 9,806\,65 \text{ N}$
Kraft	N (Newton)		$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	$1 \text{ kp} = 9,806\,65 \text{ N}$
Drehmoment	N · m			$1 \text{ kp} \cdot \text{m} = 9,806\,65 \text{ N} \cdot \text{m}$
Mechanische Spannung	N · m⁻²			$1 \text{ kp} \cdot \text{m}^2 = 9,806\,65 \text{ N} \cdot \text{m}^2$
Druck	Pa (Pascal)	bar (Bar)	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$	$1 \text{ at} = 1 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2} = 0,980\,665 \text{ bar}$
		mm Hg (Millimeter Quecksilbersäule)	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$	$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr} = 1,013\,25 \text{ bar}$
			$1 \text{ mm Hg} = 1,333\,22 \cdot 10^2 \text{ Pa}$	$1 \text{ Torr} = 1,333\,22 \text{ mbar}$
Dynamische Viskosität	Pa · s		$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$	Poise: $1 \text{ P} = 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
Kinematische Viskosität	m² · s⁻¹			Stokes: $1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Schalldruck	Pa (Pascal)	dB (Dezibel)	Schalldruckpegel in dB = $20 \cdot \log$ (Schalldruck in μPa / (20 μPa))	

Grössen	gesetzlich geregelte Einheiten		Beziehung zwischen den Einheiten		andere Einheiten/Bemerkungen	
	SI-Einheiten	weitere Einheiten				
Temperatur und Wärme						
Temperatur	K (Kelvin)	°C (Grad Celsius)	Temperatur/°C = Temperatur/K -273,15			
			Temperaturdifferenz 1 °C = 1 K			
Wärmekapazität	J · K ⁻¹				1 kcal · °C ⁻¹ = 4,186 8 kJ · K ⁻¹	
Spez. Wärmekapazität	J · (kg · K) ⁻¹				1 kcal · (kg · °C) ⁻¹ = 4,186 8 kJ · (kg · K) ⁻¹	
Spez. innere Energie	J · kg ⁻¹				1 kcal · kg ⁻¹ = 4,186 8 kJ · kg ⁻¹	
Wärmeleitfähigkeit	W · (m · K) ⁻¹				1 kcal · (h · m · °C) ⁻¹ = 1,163 W · (m · K) ⁻¹	
Wärmeübergangskoeffizient	W · (m ² · K) ⁻¹				1 kcal · (h · m ² · °C) ⁻¹ = 1,163 W · (m ² · K) ⁻¹	
Energie, Arbeit, Wärmemenge	J (Joule)	kW · h (Kilowattstunde)	1 J = 1 N · m = 1 W · s 1 kW · h = 3,6 MJ		Kalorie: 1 cal = 4,186 8 J 1 kp · m = 9,806 65 J	
		eV (Elektronvolt)	1 eV = 1,602 177 33 · 10 ⁻¹⁹ J		1 PS · h = 2,647 8 MJ 1 erg = 10 ⁻⁷ J	
Leistung, Wärmestrom	W (Watt)		1 W = 1 J · s ⁻¹ = 1 N · m · s ⁻¹ = 1 V · A		1 PS = 75 kp · m · s ⁻¹ = 0,735 499 kW 1 kcal · h ⁻¹ = 1,163 W	

Elektrizität und Magnetismus

Elektrische Stromstärke	A (Ampere)					
Elektrische Ladung	C (Coulomb)	A · h (Amperestunde)	1 C = 1 A · s; 1 A · h = 3 600 C			
Elektrische Spannung	V (Volt)		1 V = 1 W · A ⁻¹			
Elektrische Feldstärke	V · m ⁻¹					
Elektrischer Widerstand	Ω (Ohm)		1 Ω = 1 V · A ⁻¹			
Elektrischer Leitwert	S (Siemens)		1 S = 1 Ω ⁻¹			
Elektrische Kapazität	F (Farad)		1 F = 1 C · V ⁻¹			
Magnetischer Fluss	Wb (Weber)		1 Wb = 1 V · s		Maxwell: 1 Mx = 10 ⁻⁸ Wb	
Magnetische Flussdichte	T (Tesla)		1 T = 1 Wb · m ⁻²		Gauss: 1 G = 10 ⁻⁴ T	
Induktivität	H (Henry)		1 H = 1 Wb · A ⁻¹			
Magnetische Feldstärke	A · m ⁻¹				Oersted: 1 Oe = (1 000/4π) A · m ⁻¹	

Photometrie und Radiometrie

Lichtstärke	cd (Candela)					
Leuchtdichte	cd · m ⁻²				Stilb: 1 sb = 10 ⁴ cd · m ⁻² Apostilb: 1 asb = π ⁻¹ cd · m ⁻²	
Lichtstrom	lm (Lumen)		1 lm = 1 cd · sr			
Beleuchtungsstärke	lx (Lux)		1 lx = 1 lm · m ⁻²			
Lichtmenge	lm · s					
Belichtung	lx · s					
Strahlungsleistung	W					
Strahlstärke	W · sr ⁻¹					
Strahlidichte	W · (sr · m ²) ⁻¹					
Bestrahlungsstärke	W · m ⁻²					
Strahlungsenergie	W · s					
Bestrahlung	W · s · m ⁻²					

Radioaktivität, ionisierende Strahlung

Aktivität	Bq (Becquerel)	1 Bq = 1 · s ⁻¹	Curie: 1 Ci = 37 · 10 ⁸ Bq
Energiedosis	Gy (Gray)	1 Gy = 1 J · kg ⁻¹	Rad: 1 rd = 0,01 Gy
Äquivalentdosis	Sv (Sievert)	1 Sv = 1 J · kg ⁻¹	Rem: 1 rem = 0,01 Sv
Ionendosis	C · kg⁻¹		Röntgen: 1 R = 0,000 258 C · kg ⁻¹

Chemie

Stoffmenge	mol (Mol)		
Molares Volumen	m³ · mol⁻¹		
Molare Masse	kg · mol⁻¹		
Stoffmengenkonzentration	mol · m⁻³		
Stoffmengengehalt	mol · kg⁻¹		
Stoffmengenanteil	1	1 = 1 mol · mol ⁻¹	
Katalytische Aktivität	kat (katal)	1 kat = 1 mol · s ⁻¹	

Umrechnung der gebräuchlichsten britischen (UK) und amerikanischen (US) Einheiten in SI-Einheiten

Grösse	Einheit	Zeichen	Umrechnung in SI-Einheiten
Länge	inch	in	1 in = 25,4 mm
	foot	ft	1 ft = 12 in = 0,304 8 m
	yard	yd	1 yd = 3 ft = 0,914 4 m
	mile (statute)	mi	1 mi = 1 760 yd = 1,609 344 km
	nautical mile (int.)	nmi	1 nmi = 1,852 km
Geschwindigkeit	knot (international)	kn	1 kn = 1 nmi · h ⁻¹ = 0,514 44 ... m · s ⁻¹
	mile per hour	mi · h ⁻¹ , mph	1 mi · h ⁻¹ = 0,447 04 m · s ⁻¹
Fläche	square inch	sq in	1 sq in = 6,451 6 cm ²
	square foot	sq ft	1 sq ft = 144 sq in = 929,030 4 cm ²
	square yard	sq yd	1 sq yd = 9 sq ft = 0,836 127 36 m ²
	rood		1 rood = 1 210 sq yd = 1011,71 ... m ²
	acre		1 acre = 4 roods = 4 046,86 ... m ²
	square mile	sq mi	1 sq mi = 640 acres = 2,589 988 ... km ²
Volumen	cubic inch	cu in	1 cu in = 16,387 064 cm ³
	cubic foot	cu ft	1 cu ft = 28,316 8 ... dm ³
	cubic yard	cu yd	1 cu yd = 0,764 555 ... m ³
Britische Hohlmasse	UK fluid ounce	UK fl oz	1 fl oz = 28,413 062 5 cm ³
	UK gill		1 gill = 5 fl oz = 0,142 065 ... dm ³
	UK pint	UK pt	1 pt = 20 fl oz = 0,568 261 ... dm ³
	UK quart	UK qt	1 qt = 2 pt = 1,136 522 5 dm ³
	UK gallon	UK gal	1 gal = 4 qt = 4,546 09 dm ³
Amerikanische Flüssigkeitsmasse	US fluid ounce	US fl oz	1 fl oz = 29,5735 ... cm ³
	US gill	gi	1 gi = 4 fl oz = 0,118 294 ... dm ³
	US liquid pint	liq pt	1 liq pt = 4 gi = 0,473 176 ... dm ³
	US liquid quart	liq qt	1 liq qt = 2 liq pt = 0,946 353 ... dm ³
	US gallon	US gal	1 gal = 4 liq qt = 3,785 41 ... dm ³
Amerikanische Trockenhohlmasse	US dry pint	dry pt	1 dry pt = 0,550 610 ... dm ³
	US dry quart	dry qt	1 dry qt = 2 dry pt = 1,101 2 ... dm ³
Masse	US peck	pk	1 pk = 8 dry qt = 8,809 76 ... dm ³
	US bushel	bu	1 bu = 4 pk = 35,239 1 ... dm ³
	grain	gr	1 gr = 0,064 798 91 g
Kraft	dram (avoirdupois)	dr	1 dr = 27,343 75 gr = 1,771 85 ... g
	ounce (avoirdupois)	oz	1 oz = 16 dr = 28,349 5 ... g
	troy ounce	oz tr	1 oz tr = 480 gr = 31,103 476 8 g
	pound (avoirdupois)	lb	1 lb = 16 oz = 0,453 592 37 kg
	troy pound	lb tr	1 lb tr = 12 oz tr = 0,373 242 ... kg
	stone (UK)		1 stone = 14 lb = 6,350 293 18 kg
	(long) ton (UK)	ton	1 ton = 2 240 lb = 1 016,05 ... kg
	short ton (US)	sh ton	1 sh ton = 2 000 lb = 907,184 74 kg
	poundal	pdl	1 pdl = 1 lb · ft · s ⁻² = 0,138 255 ... N
	pound-force	lbf	1 lbf = 4,448 22 ... N
UK ton-force	UK tonf	1 tonf = 2 240 lbf = 9 964,02 ... N	
US ton-force = 2 kip	US tonf	1 tonf = 2 000 lbf = 8 896,44 ... N	

Grösse	Einheit	Zeichen	Umrechnung in SI-Einheiten
Druck	pound-force/sq ft	lbf · ft ⁻²	1 lbf · ft ⁻² = 47,880 3 ... Pa
	pound-force/sq in	lbf · in ⁻² , psi	1 lbf · in ⁻² = 6,894 76 ... kPa
Energie, Wärmemenge	foot pound-force	ft · lbf	1 ft · lbf = 1,355 82 ... J
	British thermal unit therm	Btu _{IT} 1 therm	1 Btu _{IT} = 1,055 06 ... kJ 1 therm = 10 ⁵ Btu = 105,506 ... MJ
Leistung	British thermal unit/hour	Btu/h	1 Btu/h = 0,293 071 ... W
	horsepower	hp	1 hp = 550 ft · lbf/s = 745,700 ... W
Temperatur	degree Fahrenheit	°F	Temp. /°C = (Temp. /°F - 32) · 5/9 Temperaturdifferenz 1 °F = 5/9 °C = 5/9 K
Leuchtdichte	foot Lambert	fL	1 fL = π ⁻¹ cd ft ⁻² = 3,426 4 ... cd · m ⁻²
Beleuchtungs- stärke	foot candle	fc	1 fc = 1 lm ft ⁻² = 10,763 4 ... lx

Alphabetisches Verzeichnis der Zeichen für Masseinheiten

Zeichen	Name	Grösse
A	Ampere	Elektrische Stromstärke
a	Are	Fläche
a	Atto	Vorsatz für 10 ⁻¹⁸
<i>acre</i>	acre	Fläche
<i>AE (ua)</i>	Astronomische Einheit	Länge
Å	Ångström	Länge
<i>asb</i>	Apostilb	Leuchtdichte
<i>at</i>	technische Atmosphäre	Druck
<i>atm</i>	physikalische Atmosphäre	Druck
b	Barn	Wirkungsfläche
bar	Bar	Druck
<i>bbl</i>	barrel	Volumen
Bq	Becquerel	Aktivität
<i>Btu</i>	British thermal unit	Arbeit, Energie
C	Coulomb	Elektrische Ladung
c	Zenti	Vorsatz für 10 ⁻²
<i>cal</i>	Kalorie	Energie
cd	Candela	Lichtstärke
<i>Ci</i>	Curie	Aktivität
ct	Karat	Masse
<i>cu (in, ft, yd)</i>	cubic ...	Volumen
<i>cwt</i>	hundredweight (UK)	Masse
d	Dezi	Vorsatz für 10 ⁻¹

fett = SI-Einheit bzw. Vorsatz

normal = keine SI-Einheit, aber gesetzlich zugelassen

kursiv = gesetzlich nicht mehr zugelassen bzw. britische oder amerikanische Einheit

Zeichen	Name	Grösse
d	Tag	Zeit
da	Deka	Vorsatz für 10 ¹
dB	Dezibel	Schalldruckpegel,
		Schallleistungspegel
dpt	Dioptrie	Brechkraft optischer Systeme
<i>den</i>	Denier	Längenbezogene Masse
<i>dr</i>	dram	Masse
<i>dry (pt, qt)</i>	dry ...	Volumen
E	Exa	Vorsatz für 10 ¹⁸
<i>erg</i>	Erg	Energie
eV	Elektronvolt	Energie
F	Farad	Elektrische Kapazität
f	Femto	Vorsatz für 10 ⁻¹⁵
<i>fl (dr, oz)</i>	fluid ...	Volumen
<i>fL</i>	foot Lambert	Leuchtdichte
<i>fc</i>	foot candle	Beleuchtungsstärke
<i>ft</i>	foot	Länge
G	Gauss	Magn. Flussdichte
G	Giga	Vorsatz für 10 ⁹
g	Gramm	Masse
<i>Gal</i>	Gal	Beschleunigung
<i>gal</i>	Gallon	Volumen
<i>gi</i>	US gill	Volumen
<i>gill</i>	UK gill	Volumen
gon	Gon	Ebener Winkel
<i>gr</i>	grain	Masse
Gy	Gray	Energiedosis
H	Henry	Induktivität
h	Hekto	Vorsatz für 10 ²
h	Stunde	Zeit
ha	Hektare	Fläche
<i>hp</i>	horsepower	Leistung
Hz	Hertz	Frequenz
<i>in</i>	inch	Länge
J	joule	Energie, Arbeit,
		Wärmemenge
K	Kelvin	Temperatur
k	Kilo	Vorsatz für 10 ³
kat	Katal	katalytische Aktivität
kg	Kilogramm	Masse
km	Kilometer	Länge
<i>kn</i>	knot	Geschwindigkeit

Zeichen	Name	Grösse
<i>kp</i>	Kilopond	Kraft
<i>l, L</i>	Liter	Volumen
<i>lb</i>	pound	Masse
<i>lbf</i>	pound-force	Kraft
<i>liq (pt, qt)</i>	liquid ...	Volumen
lm	Lumen	Lichtstrom
lx	Lux	Beleuchtungsstärke
M	Mega	Vorsatz für 10 ⁶
<i>M (nmi)</i>	Seemeile	Länge
m	Meter	Länge
m	Milli	Vorsatz für 10 ⁻³
m²	Quadratmeter	Fläche
m³	Kubikmeter	Volumen
μ	Mikro	Vorsatz für 10 ⁻⁶
<i>mi</i>	mile (statute)	Länge
<i>min</i>	Minute	Zeit
<i>mm Hg</i>	mm Quecksilbersäule	Druck
mol	Mol	Stoffmenge
<i>Mx</i>	Maxwell	Magnetischer Fluss
N	Newton	Kraft
n	Nano	Vorsatz für 10 ⁻⁹
<i>nmi (M)</i>	nautical mile	Länge
<i>Oe</i>	Oersted	Magn. Feldstärke
Ω	Ohm	Elektr. Widerstand
<i>oz</i>	ounce	Masse
<i>P</i>	Poise	Dynam. Viskosität
P	Peta	Vorsatz für 10 ¹⁵
p	Piko	Vorsatz für 10 ⁻¹²
Pa	Pascal	Druck, Schalldruck
<i>pdl</i>	poundal	Kraft
<i>pk</i>	peck	Volumen
<i>PS</i>	Pferdestärke	Leistung
<i>pt</i>	pint	Volumen
<i>q</i>	Zentner	Masse
<i>qt</i>	quart	Volumen
<i>R</i>	Röntgen	Ionendosis
rad	Radiant	Ebener Winkel
<i>rd</i>	Rad	Energiedosis
<i>rem</i>	Rem	Äquivalentdosis
<i>rood</i>	rood	Fläche

fett = SI-Einheit bzw. Vorsatz

normal = keine SI-Einheit, aber gesetzlich zugelassen

kursiv = gesetzlich nicht mehr zugelassen bzw. britische oder amerikanische Einheit

Zeichen	Name	Grösse
S	Siemens	Elektrischer Leitwert
s	Sekunde	Zeit
<i>sb</i>	Stilb	Leuchtdichte
<i>sh cwt</i>	short hundredweight (US)	Masse
<i>sh ton</i>	short ton (US)	Masse
<i>sq (in, ft, yd)</i>	square ...	Fläche
sr	Steradian	Raumwinkel
<i>St</i>	Stokes	Kinematische Viskosität
Sv	Sievert	Äquivalentdosis
T	Tesla	Magn. Flussdichte
T	Tera	Vorsatz für 10 ¹²
t	Tonne	Masse
<i>tex</i>	Tex	Längenbezogene Masse
<i>ton</i>	ton	Masse
<i>tonf</i>	ton-force	Kraft
<i>Torr</i>	Torr	Druck
u	atomare Masseneinheit	Masse
<i>ua (AE)</i>	Astronomische Einheit	Länge
V	Volt	Elektrische Spannung
W	Watt	Leistung, Strahlungsleistung, Schalleistung
Wb	Weber	Magnetischer Fluss
Y	Yotta	Vorsatz für 10 ²⁴
y	Yokto	Vorsatz für 10 ⁻²⁴
<i>yd</i>	yard	Länge
Z	Zetta	Vorsatz für 10 ²¹
z	Zepto	Vorsatz für 10 ⁻²¹
$^{\circ}\text{C}$	Grad Celsius	Temperatur
$^{\circ}\text{F}$	Grad Fahrenheit	Temperatur
$^{\circ}$	Winkel-Grad	Ebener Winkel
'	Winkel-Minute	Ebener Winkel
''	Winkel-Sekunde	Ebener Winkel



METAS: das nationale Metrologieinstitut der Schweiz

Was 1862 als Eidgenössische Eichstätte begann, ist heute das Eidgenössische Institut für Metrologie (METAS) mit rund 160 Mitarbeitenden. Das METAS hat sich stets den Erfordernissen der Zeit angepasst, was die wissenschaftlich-technische Entwicklung wie auch die Organisation betrifft. Wesentlich war etwa der Metervertrag von 1875, zu dessen Gründerstaaten die Schweiz gehörte. Mit ihm wurde eine international abgestimmte metrologische (messtechnische) Infrastruktur geschaffen.

Das METAS hat als nationales Metrologieinstitut den Auftrag, dafür zu sorgen, dass in der Schweiz mit der Genauigkeit gemessen und geprüft werden kann, wie es für die Belange von Wirtschaft, Forschung und Verwaltung erforderlich ist.

Es steht an der Spitze der Messgenauigkeit in der Schweiz. Indem es die Referenzmasse (Normale) der Schweiz realisiert, für die internationale Anerkennung dieser Referenzmasse sorgt und sie in der erforderlichen Genauigkeit weiter gibt, liefert das METAS einen wichtigen Beitrag für die gesamte Volkswirtschaft.

In den Bereichen Handel und Geschäftsverkehr, Gesundheit von Mensch und Tier, Umweltschutz, öffentliche Sicherheit und der amtlichen Feststellung von Sachverhalten (z. B. Strassenverkehr) beaufsichtigt das METAS zusammen mit den Kantonen zudem die Verwendung von Messmitteln. Es sorgt dafür, dass die für den

Schutz und die Sicherheit von Mensch und Umwelt notwendigen Messungen richtig und vorschriftsgemäss durchgeführt werden können. Damit ein Kilogramm drin ist, wo ein Kilogramm draufsteht und Hersteller wie Verbraucher auf Zähler zählen können.

Vorstoss in neue Dimensionen

Neue Entwicklungen in Wissenschaft und Technik sind in hohem Masse auf laufend weiter entwickelte messtechnische Grundlagen und Verfahren angewiesen. So benötigen wichtige Zweige der Schweizer Industrie, wie Mikrotechnik oder die Medizinaltechnik, Mess- und Regelverfahren, deren Genauigkeiten im Nanometerbereich (Millionstel Millimeter) liegen. Zuverlässig herstellen und überwachen lässt sich nur, was auch präzise gemessen werden kann. Viele technische Anwendungen in unserem Alltag bedürfen für ihr Funktionieren äusserst genauer Messungen der Zeit.

Die Metrologinnen und Metrologen des METAS müssen somit ihre Messplätze dauernd weiterentwickeln und ihre Dienstleistungen überprüfen und anpassen. Nur so kann das METAS der Schweizer Wirtschaft, Forschung und Verwaltung rechtzeitig die erforderlichen Messgrundlagen und Messmöglichkeiten zur Verfügung stellen.

Metrologie

Metrologie ist die Wissenschaft und Technik des Messens (das Wort leitet sich vom griechischen *metron* – Mass – ab). *Metrologie* wird häufig mit *Meteorologie* verwechselt. Die beiden Begriffe haben allerdings inhaltlich nichts miteinander zu tun. Unter *Meteorologie* versteht man die Lehre von den Witterungserscheinungen (vom griechischen *meteoros* – in der Luft schwebend).

Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS

Lindenweg 50, 3003 Bern-Wabern, Schweiz

Telefon +41 58 387 01 11, www.metas.ch