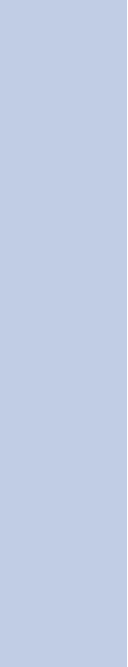




Masseinheiten



Übersicht Broschüre

Masseinheiten	1
Der Meter	3
Das Kilogramm	4
Die Sekunde	5
Das Ampere	6
Das Kelvin	7
Das Mol	8
Die Candela	9
Alphabetisches Verzeichnis der Zeichen	10
METAS: das nationale Metrologieinstitut der Schweiz ..	14

Die Einheiten-Verordnung befindet sich auf
www.admin.ch/ch/d/sr/c941_202.

Ein Umrechnungsalgorithmus für die gängigen Einheiten befindet sich
auf www.metas.ch/conversion.

Impressum

Herausgeber	Bundesamt für Metrologie METAS Lindenweg 50, CH-3003 Bern-Wabern Tel. +41 31 32 33 111, www.metas.ch
Nachdruck	mit Quellenangabe gestattet, Belegexemplar erwünscht
Sprachen	Die Broschüre <i>Masseinheiten</i> wird in deutscher, französischer und englischer Sprache herausgegeben. Sie finden diese Broschüre auch unter www.metas.ch/measures
Preis	CHF 3.– pro Exemplar
Vertrieb	BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern www.bundespublikationen.admin.ch Art.-Nr. 414.300.d
Ausgabe	Mai 2007
Produktion	4.07 15000 172731
ISBN	978-3-9523289-0-3
Hinweis	Diese Broschüre wurde mit grosser Sorgfalt zusam- mengestellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.



Masseinheiten

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 einer Grösse können miteinander nur verglichen werden, wenn sie sich auf die gleiche Einheit beziehen.

Ein Einheitensystem ist ein Satz von Regeln, der die Masseinheiten in Naturwissenschaft und Technik widerspruchsfrei festlegt. Es muss den verschiedensten Anwendungen in Wissenschaft, Technik, Handel und Gesellschaft gerecht werden. Mit dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt muss auch das Einheitensystem laufend den neuen Anforderungen angepasst werden.

Die Menschen messen seit Jahrtausenden, denn Messen hilft, sich in der Vielfalt der Dinge und Ereignisse der Umwelt zurechtzufinden. Schon zur Zeit des Tauschhandels war es notwendig, Mengen von Handelsgütern verlässlich bestimmen zu können. Die Verwendung und Kontrolle von Massen und Gewichten erfolgte ursprünglich fast ausschliesslich vor Ort. Sie war also eine lokale oder regionale Angelegenheit. Während Jahrhunderten existierten denn auch unterschiedlichste Masseinheiten und Einheitensysteme nebeneinander. Masseinheiten variierten von Ort zu Ort, und es wurden sogar mit gleichnamigen Masseinheiten in verschiedenen Gegenden verschieden grosse Mengen bezeichnet.

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 und der frühen Neuzeit, wie Unze, Talent, Elle oder Pfund, den modernen Anforde-

rungen nach Unveränderlichkeit und Einheitlichkeit nicht. Um die hinderliche Fülle nebeneinander existierender Masseneinheiten begrenzen zu können, wurde 1875 von zunächst 17 Staaten – darunter der Schweiz – ein wissenschaftlich-technischer Staatsvertrag unterzeichnet: der *Metervertrag*. In der Folge wurde die Fülle unterschiedlicher Masseinheiten durch das metrische System und später das *Internationale Einheitensystem* ersetzt. Vor allem wurde auch eine metrologische Infrastruktur geschaffen (vgl. Seiten 14/15).

Das heute weltweit angewandte Einheitensystem, das *Internationale Einheitensystem* – auch SI genannt nach der französischen Bezeichnung *Système international d'unités* – ist Ergebnis einer langen geschichtlichen Entwicklung. Das SI wurde 1960 von der 11. Generalkonferenz für Mass und Gewicht (CGPM) eingeführt und löste in der Folge eine Reihe verschiedener Einheitensysteme ab, die vor allem in den Naturwissenschaften Verwendung fanden. Damit wurden komplizierte Umrechnungen überflüssig.

Die Schweiz hat das SI am 1. Januar 1978 eingeführt. Die gesetzlichen Bestimmungen über seine Anwendung sind im Bundesgesetz über das Messwesen und in der Einheiten-Verordnung geregelt. Im SI unterscheidet man die Basiseinheiten und die abgeleiteten Einheiten. Die Basiseinheiten 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.

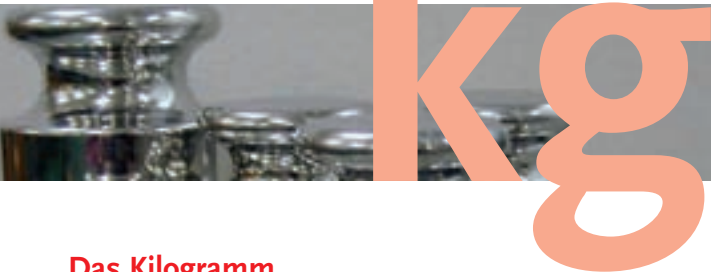
Eine wichtige Forderung an die Basiseinheiten ist ihre Unabhängigkeit von Raum und Zeit. Die Basiseinheiten sollten jederzeit in irgend einem Labor reproduziert werden können. Zur Erfüllung dieser Forderung wurden ihre Definitionen schon mehrmals geändert. Sie basieren heute, mit Ausnahme des Kilogramms, nicht mehr auf Massverkörperungen, sondern auf konstanten Eigenschaften der Natur, die in besonderen Experimenten jederzeit und überall nutzbar gemacht werden können.



Der Meter

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

Als mathematische Gleichung formuliert, lautet diese Definition $1 \text{ m} = c \cdot t$, mit $t = 1/299\,792\,458 \text{ s}$. Daraus folgt $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$. Die Symbole c , t und s stehen für Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, Zeit und Sekunde. Die Meterdefinition weist der Lichtgeschwindigkeit c einen festen Wert zu. Diese Fundamentalkonstante kann somit nicht mehr gemessen werden, sie ist jetzt exakt vorgegeben. Hieraus folgt, dass die Längeneinheit von der Zeiteinheit Sekunde abhängt. Die physikalische Realisierung der Längeneinheit geschieht in der Regel durch Laser bekannter und hoch stabiler Frequenz. Aus der Frequenz ν und der Lichtgeschwindigkeit c lässt sich über die bekannte Beziehung $\lambda = c/\nu$ die Wellenlänge λ des stabilisierten Lasers berechnen. Die zu messende Länge kann mit der so bestimmten Wellenlänge direkt verglichen werden. Als Primärnormale dienen meistens Helium-Neon-Laser, deren optische Frequenz auf einen atomaren Übergang, nämlich eine Absorptionslinie des Jodgases, stabilisiert wird. Die Meterbasis am METAS besteht aus einer Gruppe von drei jodstabilisierten Helium-Neon-Lasern. Sie werden regelmässig miteinander oder mit gleichartig stabilisierten Lasern ausländischer Metrologieinstitute verglichen. Die optische Frequenz dieser Laser wird mit Hilfe eines faseroptischen Frequenzkamms direkt mit den METAS-Atomuhren (Realisierung der Sekunde) verglichen.



Das Kilogramm

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

Bis heute kann die Einheit der Masse nicht mit genügender Genauigkeit auf Naturkonstanten zurückgeführt werden. Als Bezugsobjekt für Massebestimmungen dient deshalb immer noch der 1889 geschaffene Internationale Kilogrammprototyp, besser bekannt unter dem Begriff Urkilogramm. Er besteht aus einer Legierung von 90 % Platin und 10 % Iridium und wird im Internationalen Büro für Mass und Gewicht (BIPM) in Sèvres bei Paris aufbewahrt.

4

Die überwiegende Mehrheit der Mitgliedstaaten des Metervertrags hat Kopien des Internationalen Kilogrammprototyps erhalten, so genannte Nationale Kilogrammprototypen. Diese werden in den staatlichen Metrologielaboratorien zur Überprüfung der Arbeitsnormale verwendet, mit denen schliesslich die in der Praxis verwendeten Gewichtsstücke und Waagen kalibriert werden.

Der Anschluss der 1-kg-Arbeitsnormale an den nationalen Kilogrammprototyp erfolgt in der Schweiz mit Hilfe eines automatisch arbeitenden Massekomparators, der in einem luftdichten Stahlgehäuse untergebracht ist. Damit ist es möglich, bis zu sechs Massennormale in einer von Luftdruck- und Temperaturschwankungen nahezu vollständig geschützten Atmosphäre mit einer Reproduzierbarkeit von $0,25 \mu\text{g}$ zu vergleichen. In Anlehnung an die anderen Basiseinheiten wird weiterhin weltweit nach Möglichkeiten gesucht, diese Masseneinheit auf Naturkonstanten zurückzuführen.

METAS arbeitet mit dem so genannten *Watt-Waage-Projekt* an vorderster Front mit bei der Neudefinition der Einheit Kilogramm. Ziel des Experiments ist, durch den hoch genauen Vergleich von elektrischer und mechanischer Leistung auch die Masseneinheit auf Fundamentalkonstanten der Physik zurückzuführen.



Die Sekunde

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

Die Zeiteinteilung im menschlichen Leben basiert auf der Rotation der Erde um die eigene Achse (Tag) und dem Umlauf der Erde um die Sonne (Jahr). Immer genauere Zeitmessungen ergaben aber, dass diese Gestirnsbewegungen für hohe Genauigkeitsansprüche nicht konstant genug sind, weshalb die Zeiteinheit heute mit einem atomaren Vorgang festgelegt wird. Ausgangspunkt dazu ist das Plancksche Gesetz $E = h \cdot \nu$, wonach der Differenz E zweier Energieniveaus ausgesuchter Atomelektronen eine elektromagnetische Strahlung der Frequenz ν entspricht. Als besonders geeignet haben sich zwei Niveaus im Cäsiumnuklid der Massenzahl 133 erwiesen, deren Energiedifferenz einer Frequenz im Mikrowellenbereich entspricht. Nach Vergleich der früher gültigen, astronomisch definierten Sekunde mit einer Cäsium-Atomuhr wurde die Dauer der Sekunde 1967 neu auf 9 192 631 770 Perioden des Cs-Strahlungsübergangs festgelegt. Mit einer nach diesem Prinzip gebauten Cäsiumuhr lässt sich heute eine Genauigkeit von besser als 0,1 ns pro Tag erreichen, wogegen die Erdrotation einige ms pro Tag unsicher ist.

Zusammen mit 50 weiteren Zeitinstituten auf der ganzen Welt trägt METAS mit kommerziellen Atomuhren zur koordinierten Weltzeit bei. Diese wird im Internationalen Büro für Mass und Gewicht (BIPM) in Sèvres bei Paris ermittelt. Die daraus resultierende offizielle Schweizer Zeit wird über den Langwellensender HBG in Prangins (VD) verbreitet. In einem von Umwelteinflüssen abgeschirmten Laboratorium betreibt METAS zudem ein Primärfrequenznormal: Mit einem kontinuierlichen Strahl von Cäsiumatomen wird die Zeiteinheit Sekunde gemäss ihrer Definition äusserst genau bestimmt.



Das Ampere

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

Die heute gültige Definition des Amperes wurde bereits 1946 vom Internationalen Komitee für Mass und Gewicht (CIPM) vorgeschlagen und – zusammen mit den übrigen, damals als «absolute Einheiten» bezeichneten elektrischen Einheiten – international 1948 angenommen. Als «absolut» wurden sie deshalb bezeichnet, weil damit 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 Ampereschen Gesetzes die Kraft zwischen zwei geraden, parallelen Leitern im Abstand von einem Meter und setzt die Werte der Amperedefinition ein, folgt:

$$\frac{F}{l} = \mu_0 \cdot \frac{I^2}{2\pi d} \rightarrow \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$$

F/l: Kraft pro Meter Leiterlänge; I: Stromstärke; d: Abstand der Leiter

Die Definition des Amperes dient, wie die Definition des Meters, einzig der Festlegung einer Fundamentalkonstante. 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 bekannten Gesetzen der Physik bieten sich viele Möglichkeiten, Absolutwerte elektrischer Grössen für Kalibrierzwecke zu realisieren. In vielen staatlichen Metrologielaboratorien geschieht dies heute mit Hilfe von Quanteneffekten.



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 die drei Phasen Wasserdampf, Wasser und Eis im Gleichgewicht koexistieren. Solange alle drei Phasen vorhanden sind, bleiben Temperatur und Druck konstant und sind unabhängig von den Mengen der einzelnen Phasen. Der Tripelpunkt des Wassers und der naturgegebene absolute Nullpunkt definieren die thermodynamische Temperaturskala. Die praktische Realisierung der Temperaturskala erfolgt in der Regel mit einer Reihe hoch stabiler Temperaturfixpunkte, deren thermodynamische Temperaturwerte mittels Primärthermometern, z. B. Gasthermometern, ermittelt wurden. Die Temperaturwerte dieser Fixpunkte und die Interpolationsverfahren dazwischen wurden danach per Konvention international festgelegt. Sie bilden die Internationale Temperaturskala von 1990 (ITS-90).

Die thermometrische Basis am METAS besteht aus rund 30 Temperaturfixpunktzellen, die den Bereich von -189 °C bis 961 °C redundant abdecken. Mit Hilfe dieser Zellen können mit Quarzglas gemantelte Normal-Widerstandsthermometer mit einer Drahtspirale aus hoch reinem Platin kalibriert werden. Die Normal-Widerstandsthermometer können gemäss ITS-90 als Interpolationsinstrumente für Kalibrierungen zwischen den Fixpunkten verwendet werden.



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 keine neue Einheit. Nun sind Atome und Moleküle jedoch so winzig und liegen normalerweise in so grosser Zahl vor, dass ein normales Zählen nicht möglich ist.

Kennt man aber die Verhältnisse der Atom- oder Molekülmassen zueinander, können Stoffmengen auch durch Wägen bestimmt werden. Das Referenzmass für die Wägung ist das Mol: In einem Mol einer beliebigen Substanz sind gleich viele Teilchen enthalten, wie es Kohlenstoffatome in 12 g des Kohlenstoffnuklids 12 hat. Diese Zahl ist die Avogadro-Konstante, früher auch Loschmidtsche Zahl genannt. Sie beträgt $(6,022\ 141\ 79\ (30) \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$. Das Mol wurde 1971 von der 14. Generalkonferenz für Mass und Gewicht (CGPM) als siebte Basiseinheit in das SI aufgenommen.

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, da Licht ja nichts anderes als elektromagnetische Strahlung ist und in den bereits bekannten Einheiten gemessen werden kann. Wegen der zentralen Bedeutung des menschlichen Sehsinns ist man jedoch übereingekommen, für die subjektive Wirkung der elektromagnetischen Strahlung auf das menschliche Sehorgan eine eigene Basiseinheit zu definieren. Mit den photometrischen Einheiten wird Licht somit nicht nur nach seiner physikalischen Natur gemessen, sondern auch nach dem Empfinden des menschlichen Sehorgans.

Die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges ist abhängig von der Wellenlänge bzw. der Farbe des Lichts und weist zudem individuell leichte Unterschiede auf. Falls man, wie heute in der Photometrie üblich, Licht mit physikalischen Geräten messen will, bedarf es eines Masses für die subjektiv empfundene Helligkeit der einzelnen Farbanteile des sichtbaren Lichts. Dieses Mass liefert der so genannte spektrale Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$, dessen Werte für Wellenlängen von 360 nm bis 830 nm aus Messungen an vielen Versuchspersonen international festgelegt worden sind. Bei METAS wird die Candela mittels einer Gruppe von kalibrierten Beleuchtungsstärkemessern dargestellt. Diese Empfänger 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 (kryogenes Absolutradiometer) angeschlossen.

Alphabetisches Verzeichnis der Zeichen

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}
d	Tag	Zeit
da	Deka	Vorsatz für 10^1
dB	Dezibel	Schalldruckpegel, Schalleistungspegel
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}

rot = SI-Basiseinheit

fett = weitere SI-Einheit bzw. Vorsatz

normal = keine SI-Einheit, aber gesetzlich zugelassen

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

Zeichen	Name	Grösse
<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
<i>gon</i>	Gon	Ebener Winkel
<i>gr</i>	grain	Masse
Gy	Gray	Energiedosis
H	Henry	Induktivität
h	Hekto	Vorsatz für 10 ²
<i>h</i>	Stunde	Zeit
<i>ha</i>	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
<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

Zeichen	Name	Grösse
m	Milli	Vorsatz für 10^{-3}
m²	Quadratmeter	Fläche
m³	Kubikmeter	Volumen
μ	Mikro	Vorsatz für 10^{-6}
<i>mi</i>	mile (statute)	Länge
min	Minute	Zeit
mm Hg	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>pd</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
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

rot = SI-Basiseinheit

fett = weitere SI-Einheit bzw. Vorsatz

normal = keine SI-Einheit, aber gesetzlich zugelassen

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

Zeichen	Name	Grösse
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

Mit dem Metervertrag von 1875 wurde auch eine international abgestimmte metrologische Infrastruktur geschaffen: Auf internationaler Ebene die Organe des Metervertrags, insbesondere das *Internationale Büro für Mass und Gewicht (BIPM)* und die *Generalkonferenz für Mass und Gewicht (CGPM)*. Auf nationaler Ebene hatten und haben die nationalen Metrologieinstitute die Weitergabe der Masseinheiten und den Anschluss der nationalen metrologischen Infrastruktur an das internationale Einheitensystem zu gewährleisten.

14

Das Bundesamt für Metrologie (METAS) ist das nationale Metrologieinstitut der Schweiz. Es realisiert die nationalen Referenzmasse der Schweiz, sorgt für die internationale Anerkennung dieser Referenzmasse und gibt sie in der erforderlichen Genauigkeit an Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft weiter.

Auftrag des METAS ist es, dafür zu sorgen, dass in der Schweiz mit der Genauigkeit gemessen und geprüft werden kann, wie es für die Belange von Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft erforderlich ist.

METAS beaufsichtigt zudem die Verwendung von Messmitteln in den Bereichen Handel, Verkehr, öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz und sorgt dafür, dass die für den Schutz und die Sicherheit von Mensch und Umwelt notwendigen Messungen richtig und vorschriftsgemäss durchgeführt werden können.



Vorstoss in neue Dimensionen

Neue wissenschaftliche Gebiete und Technologien sind in hohem Masse auf entsprechende messtechnische Grundlagen und Verfahren angewiesen. So spielen Verfahren der Nanotechnologie, die in kleinste Dimensionen vorstösst, eine immer wichtigere Rolle. In unserer Arbeitswelt und unserem Alltag sind technische Geräte, die auf Mikro- und Nanometerstrukturen basieren, immer häufiger zu finden. Um sie herstellen und prüfen zu können, benötigt unsere Industrie Mess- und Regelverfahren, deren Genauigkeiten im Nanometerbereich (Millionstel Millimeter) oder darunter liegen. Das Messen entsprechender Grössen stellt an das Fachwissen und die Instrumentierung grosse Anforderungen.

METAS als nationales Metrologieinstitut muss somit seine Dienstleistungen dauernd überprüfen und anpassen, um der Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft rechtzeitig die erforderlichen Messgrundlagen und Messmöglichkeiten zur Verfügung stellen zu können.

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).

Masseinheiten

www.metas.ch/units

Einheitenumrechnung

www.metas.ch/conversion

Dienstleistungen

www.metas.ch/services

Bundesamt für Metrologie METAS

Lindenweg 50, CH-3003 Bern-Wabern

Telefon +41 31 32 33 111, www.metas.ch