

Das internationale Einheitensystem

Ein Überblick mit Links zu weiterführenden Dokumenten

Peter Ryder, Mai 2003

Inhaltsverzeichnis

- [Einleitung](#)
- [Basiseinheiten](#)
- [Definitionen](#) der Basiseinheiten
- [Abgeleitete](#) SI-Einheiten
- [Vorsilben](#)
- [Das Kilogramm](#)
- [Links](#) zu anderen Webdokumenten

Einleitung

Dieses Dokument gibt einen Überblick über die Definitionen der Basiseinheiten und der wichtigsten abgeleiteten SI-Einheiten. Wer mehr wissen will, wird auf die auf Seite 11 angegebenen links hingewiesen.

Erklärung von Abkürzungen:

BIPM *Bureau International des Poids et Mesures*, Paris, gegründet 1875, die internationale Organisation für Einheiten und Standards.

CIPM *Comité International des Poids et Mesures*, das Kontrollorgan des BIPM.

CGPM *Conférence Générale des Poids et Mesures*, das Gremium, das die international verbindliche Beschlüsse fasst.

Englische Bezeichnungen:

Die Namen der Einheiten werden im Englischen klein geschrieben, auch wenn sie nach Personen genannt werden. Wenn die englische Bezeichnung auch sonst von der deutschen abweicht, wird sie in Klammern angegeben.

Die Basiseinheiten

Die Bezeichnung *Système International d'Unités* (internationales Einheitensystem) mit der internationalen Abkürzung SI wurde 1960 von der CGPM festgelegt. Es handelt sich um ein kohärentes System (s. unten) mit 7 Basiseinheiten (CGPM 1960 und 1971), die in Tabelle 1 aufgelistet sind:

Tabelle 1: SI-Basiseinheiten.

Basisgröße	Name	Symbol
Länge	Meter (metre)	m
Masse	Kilogramm (kilogram)	kg
Zeit	Sekunde (second)	s
elektrische Stromstärke	Ampere	A
thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol (mole)	mol
Lichtstärke	Candela	cd

Das SI ist ein kohärentes Einheitensystem, d.h. jede abgeleitete Einheit ist ein ganzes Vielfaches der Basiseinheiten. Einigen abgeleiteten Einheiten wurden besondere Namen und Symbole zugeordnet.

Definitionen der Basiseinheiten

Die primären Definitionen der SI-Basiseinheiten sind in französischer Sprache formuliert. Die gegenwärtig gültigen Definitionen sind im folgenden zusammen mit einer deutschen Übersetzung gegeben.

Meter *mètre*

Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde. (17. CGPM (1983), Beschluss 1).

Der Meter (engl. metre) ist die Länge der Strecke, die Licht im Vakuum in einem Zeitintervall von $1/299\,792\,458$ Sekunden zurücklegt.

Kilogramm *kilogramme*

Le kilogramme est l'unité de masse; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme. (1. CGPM (1889) und 3. CGPM (1901)).

Das Kilogramm (engl. kilogram) ist die Einheit der Masse; es ist gleich der Masse des internationalen Kilogramm-Prototyps.

Bemerkung: Der internationale Prototyp besteht aus einer Platin-Iridium-Legierung und wird im Internationalen Amt für Gewichte und Maße in Sèvres, Frankreich, aufbewahrt.

Sekunde *seconde*

La seconde est la durée de $9\,192\,631\,770$ périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium

133. (13. CGPM (1967), Beschluss 1).

Die Sekunde (engl. second) ist die Dauer von 9.192.631.770 Perioden der Strahlung, die dem Übergang zwischen den beiden hyperfeinen Niveaus des Grundzustands des Nuklids Cäsium-33 entspricht.

Ampère *ampère*

L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable, et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur. (CIPM 1946, 9. CGPM (1948), Beschlüsse 2 und 7).

Das Ampere ist die Stärke eines konstanten Stroms, der, wenn er in zwei geradlinigen, parallelen Leitern unendlicher Länge und vernachlässigbar kleinen, kreisförmigen Querschnitts fließt, die im Abstand von einem Meter voneinander im Vakuum angeordnet sind, eine Kraft von $2 \cdot 10^{-7}$ Newton pro Meter Länge verursacht.

Kelvin *kelvin*

Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau. (13. CGPM (1967), Beschluss 4).

Das Kelvin, die Einheit der thermodynamischen Temperatur, ist der Bruchteil 1/273,16 der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers.

Die 13. CGPM (1967, Beschluss 3) beschloss außerdem, dass die Einheit Kelvin und ihr Symbol K verwendet werden sollten, um sowohl die thermodynamische Temperatur als auch ein Temperaturintervall oder eine Temperaturdifferenz anzugeben.

Neben der thermodynamische Temperatur (Symbol T) gibt es auch die Celsiustemperatur (Symbol t), die durch die Gleichung

$$t = T - T_0$$

definiert wird, wo $T_0 = 273,15$ K ist. Die Celsiustemperatur wird in Grad Celsius (*degré Celsius*) (Symbol °C) angegeben. Die Einheiten „Grad (engl. degree) Celsius“ und „Kelvin“ sind gleich groß, und ein Temperaturintervall oder eine Temperaturdifferenz können auch in Grad Celsius angegeben werden.

Mol *mole*

1°. La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12.

2°. Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules. (14. CGPM (1971), Beschluss 3).

1. Das Mol (engl. mole) ist die Stoffmenge eines Systems, das genauso viele Teilchen enthält, wie die Anzahl der Atome in 0,012 Kilogramm Kohlenstoff-12.

2. Wenn die Einheit Mol verwendet wird, müssen die Teilchen spezifiziert werden und können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen, andere Teilchen oder spezifizierte Gruppen solcher Teilchen sein.

Candela *candela*

La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet

une radiation monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12}$ hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian. (16. CGPM (1979), Beschluss 3).

Die Candela ist die Lichtstärke in einer gegebenen Richtung von einer Quelle, die Strahlung der Frequenz $540 \cdot 10^{12}$ Hz emittiert und dessen Energieintensität in der gleichen Richtung 1/683 Watt pro Steradian beträgt.

Abgeleitete SI-Einheiten

Die abgeleiteten SI-Einheiten, die eigene Namen haben, sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Bemerkungen:

1. Radiant und Steradian sind jetzt abgeleitete Einheiten, ihre getrennte Bezeichnung als zusätzliche Einheiten wurde zurückgenommen durch die CIPM 1995.
2. Die äquivalente Dosis ist gleich der absorbierten Dosis multipliziert mit dimensionslosen Faktoren, die die relative biologische Wirksamkeit der Strahlung definieren. Obwohl die Einheiten Gray und Sievert gleiche die gleiche Funktion der Basiseinheiten sind, stellen sie begrifflich unterschiedliche Größen dar.

Tabelle 2: Die abgeleiteten SI-Einheiten

Größe	Name	Symbol	In SI-Basiseinheiten
ebener Winkel	Radian [1] (radian)	rad	m m^{-1}
Raumwinkel	Steradian [1] (steradian)	sr	$\text{m}^2 \text{m}^{-2} = 1$
Frequenz	Hertz	Hz	s^{-1}
Kraft	Newton	N	m kg s^{-2}
Druck	Pascal	Pa	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
Energie, Arbeit, Wärme	Joule	J	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
Leistung	Watt	W	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$
elektrische Ladung	Coulomb	C	s A
elektrisches Potential	Volt	V	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
Kapazität	Farad	F	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^4 \text{A}^2$
elektrischer Widerstand	Ohm	Ω	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-2}$
elektrische Leitfähigkeit	Siemens	S	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{A}^2$
magnetischer Fluss	Weber	Wb	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
magnetische Flussdichte	Tesla	T	$\text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
Induktivität	Henry	H	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-2}$
Celsius-Temperatur	Grad (degree) Celsius	$^{\circ}\text{C}$	K
Lichtstrom	Lumen	lm	$\text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd}$
Beleuchtungsstärke	Lux	lx	$\text{cd m}^2 \text{m}^{-4} = \text{cd m}^{-2}$
Aktivität (eines Radionuklids)	Becquerel	Bq	s^{-1}
absorbierte Dosis [2]	Gray	Gy	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
äquivalente Dosis [2]	Sievert	Sv	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
katalytische Aktivität	Katal	kat	mol s^{-1}

SI-Vorsilben

Die erste Serie von Vorsilben und ihre Symbol für den Gebrauch mit dem SI wurde von der 11. CGPM angenommen (1960, Resolution 6). Diese wurden später ergänzt. Tabelle 3 zeigt die gegenwärtig gültige Liste. Englische Abweichungen sind in Klammern angegeben, wenn es sich nicht nur um Groß- bzw. Kleinschreibung handelt.

Tabelle 3: SI-Vorsilben

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

Die CIPM macht die folgenden Empfehlungen für die Verwendung der SI-Vorsilben:

1. Die Vorsilben werden in der Schriftart „roman“ (aufrecht) gedruckt; zwischen dem Vorsilbensymbol und dem Einheitensymbol wird kein Platz gelassen.
2. Die durch das Vorsilbensymbol und das Einheitensymbol gebildete Gruppe stellt ein neues, nicht trennbares Symbol (für ein Vielfaches oder einen Bruchteil der betroffenen Einheit) dar, das mit einer positiven oder negativen Potenz versehen und mit anderen Einheitensymbolen kombiniert werden kann, z.B.:
 - $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$
 - $1 \text{ cm}^{-1} = (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$
 - $1 \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$
 - $1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m}$
3. Zusammengesetzte Vorsilben, d.h. Vorsilben, die durch Aneinanderreihen von zwei oder mehreren Vorsilben gebildet werden, sollen nicht verwendet werden, z.B.
 1 nm *aber nicht*: $1 \text{ m}\mu\text{m}$
4. Eine Vorsilbe sollte nie allein verwendet werden, z.B.
 $10^6/\text{m}^3$ *aber nicht*: M/m^3

Das Kilogramm

Unter den Basiseinheiten des internationalen Systems ist die Einheit der Masse die einzige, deren Name, aus historischen Gründen, eine Vorsilbe enthält. Die Namen von dezimalen

Vielfachen und Unterteilungen der Masseneinheiten werden durch Hinzufügen der Vorsilben zum Wort „Gramm“ (engl. „gram“) gebildet (CIPM (1967), Empfehlung 2), z.B. $10^{-6} \text{ kg} = 1 \text{ Milligramm (1 mg)}$ *aber nicht*: 1 Mikrokilogramm (1 μkg).

Links zu anderen Webdokumenten

Das amerikanische „National Institute of Standards and Technology“ (NIST) bietet eine schöne Webseite mit dem Titel „[The NIST Reference on Constants, Units and Uncertainty](#)“, auf der man u.a. eine ausführliche Beschreibung der SI-Einheiten findet.

Ferner bietet NIST zwei Papierpublikationen als PDF-Dateien im Internet an, die viel Information zu den SI-Einheiten enthalten:

- NIST [Special Publication 330 The International System of Units \(SI\)](#)
- NIST [Special Publication Guide for the Use of the International System of Units \(SI\)](#). HTML-Version.

Ebenfalls vom NIST gibt es ein [Poster](#) mit einer graphischen Darstellung der Zusammenhänge zwischen den abgeleiteten Einheiten und den Basiseinheiten.

Eine Beschreibung der SI-Einheiten befindet sich auch auf den Webseiten des britischen [National Physical Laboratory](#).

Auf den Webseiten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig befindet sich ein Dokument über die [gesetzlichen Einheiten](#) in Deutschland.