

# Das internationale Einheitensystem

SI: „Système international d'unités“

Eine (physikalische) Größe ist eine zahlenmäßig (quantitativ) bestimmbare Eigenschaft eines physikalischen Objektes. Zur quantitativen Bestimmung benötigt man (Maß-)Einheiten für die Größen. Seit 1960 sind diese Einheiten international als „SI-Einheiten“ festgelegt. Dabei unterscheidet man zwischen Basiseinheiten und abgeleiteten Einheiten.

Als Basiseinheiten sind folgende sieben definiert:

- Zur Basisgröße Masse  $m$  gehört die Basiseinheit 1 Kilogramm (1 kg). (dies ist gleich der Masse des „Urkilogramms“, eines Referenzkörpers, der bei Paris aufbewahrt wird) Daneben gibt es z. B. auch noch 1 Tonne (1 t) = 1000 kg oder 1 Pfund = 500 g; dies sind keine SI-Einheiten!
- Zur Basisgröße Stoffmenge  $n$  gehört die Basiseinheit 1 Mol (1 mol). (dies ist die Stoffmenge eines Körpers, der aus ebenso vielen Einzelteilchen besteht, wie Atome in 0,012 Kilogramm von Kohlenstoff  $^{12}\text{C}$  enthalten sind)
- Zur Basisgröße Zeit  $t$  gehört die Basiseinheit 1 Sekunde (1 s). (dies ist das 9.192.631.770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstruktur-niveaus des Grundzustandes von Atomen des Caesium-Isotops  $^{133}\text{Cs}$  entsprechenden Strahlung – *das braucht man nicht zu verstehen...*). Daneben gibt es noch die Einheiten 1 Minute (1 min), 1 Stunde (1 h), 1 Tag (1 d) und 1 Jahr (1 a); dies sind keine SI-Einheiten!
- Zur Basisgröße Länge  $\ell$  (oft auch  $s$  oder anderes) gehört die Basiseinheit 1 Meter (1 m). (dies ist die Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum während der Dauer von  $1 / 299.792.458$  Sekunde zurücklegt)
- Zur Basisgröße (thermodynamische) Temperatur  $T$  gehört die Basiseinheit 1 Kelvin (1 K). (eine Temperatur in Kelvin erhält man, indem man zur Temperatur in Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) die Zahl 273,16 dazu zählt; Temperaturdifferenzen werden immer in Kelvin angegeben, auch wenn die Temperaturen selbst in  $^{\circ}\text{C}$  angegeben wurden)
- Zur Basisgröße Stromstärke  $I$  gehört die Basiseinheit 1 Ampère (1 A). (dies ist die Stärke eines konstanten elektrischen Stromes, der, durch zwei parallele, geradlinige, unendlich lange und im Vakuum im Abstand von 1 Meter voneinander angeordnete Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern pro Meter Leiterlänge die Kraft  $2 \cdot 10^{-7}$  Newton hervorrufen würde – *das braucht man nicht genau zu verstehen...*)
- Zur Basisgröße „Lichtstärke“  $I_V$  gehört die Basiseinheit 1 „Candela“ (1 cd). (*was das genau ist, braucht uns nicht zu interessieren*)

*Beachte:* Buchstaben werden also als Abkürzungen sowohl für die Größen selbst als auch für die Einheiten verwendet – man sollte diese beiden nicht verwechseln!

Setzt man aus den Basisgrößen andere Größen zusammen, so haben diese Größen dann auch aus den Basiseinheiten zusammengesetzte Einheiten; man spricht dann von abgeleiteten Einheiten. Manchmal haben die abgeleiteten Einheiten auch eigene Namen. Beispiele:

- Geschwindigkeiten (Größensymbol:  $v$ ) haben die abgeleitete SI-Einheit 1 Meter pro Sekunde =  $1 \frac{m}{s} = 1 \text{ m s}^{-1}$  (nicht Stundenkilometer!).
- Frequenzen (Größensymbol:  $f$ ) haben die abgeleitete SI-Einheit 1 (Schwingung) pro Sekunde =  $1 \text{ s}^{-1}$ ; dafür schreibt man auch 1 Hertz (1 Hz).
- Kräfte (Größensymbol:  $F$ ) haben die abgeleitete SI-Einheit 1 Kilogramm pro Sekunde zum Quadrat =  $1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$ ; dafür schreibt man auch 1 Newton (1 N).
- Elektrische Ladungen (Größensymbol:  $Q$ ) haben die abgeleitete SI-Einheit 1 Ampèresekunde = 1 As; dafür schreibt man auch 1 Coulomb (1 C).

Oft schreibt man statt „die Einheit der Größe X ist 1 Y“ auch kurz  $[X] = 1 \text{ Y}$ ; also beispielsweise:  $[I] = 1 \text{ A}$  oder  $[F] = 1 \text{ N}$ .

## Vorsilben:

Oft haben physikalische Größen sehr große oder sehr kleine Werte. Um diese sinnvoll anzugeben, gibt es zwei gebräuchliche Methoden:

1. Die sogenannte „wissenschaftliche Schreibweise“ / Exponentialschreibweise: man schreibt die Zahl als Produkt aus einer Zahl, die nur eine Ziffer ( $\neq 0$ ) vor dem Komma hat, und einer passenden Zehnerpotenz; z. B.:  $10\,000\text{ s} = 1 \cdot 10^4\text{ s}$  oder  $0,0000342\text{ C} = 3,42 \cdot 10^{-5}\text{ C}$ .
2. Die sogenannten „SI-Präfixe“ (= Vorsilben): für Zehnerpotenzen, die Vielfache von drei sind (und auch für manche andere) gibt es festgelegte Vorsilben, die man bei den Einheiten verwenden kann. Die bekanntesten sind:
  - Kilo =  $1000 = 10^3$ , abgekürzt k; Beispiele: 1 Kilometer = 1 km = 1000 m; 2,35 Kilogramm = 2,35 kg = 2350 Gramm („1 Kilo“ bezeichnet also einfach tausend, nicht etwa eine Masse oder ein Gewicht – da muss man „1 Kilogramm“ sagen!)
  - Mega =  $1\,000\,000 = 10^6$ , abgekürzt M; Beispiele: 0,24 Megawatt = 0,24 MW = 240 000 W; 1 Megagramm =  $1\,000\,000\text{ g} = 1000\text{ kg} (= 1\text{ t})$
  - Giga =  $10^9$ , abgekürzt G; Beispiel: 100 Gigabyte = 100 000 000 000 Byte
  - Tera =  $10^{12}$
  - Dezi =  $\frac{1}{10} = 0,1 = 10^{-1}$ , abgekürzt d; Beispiel: 34,2 dN = 3,42 N
  - Zenti =  $\frac{1}{100} = 0,01 = 10^{-2}$ , abgekürzt c
  - Milli =  $\frac{1}{1000} = 0,001 = 10^{-3}$ , abgekürzt m
  - Mikro =  $0,000001 = 10^{-6}$ , abgekürzt  $\mu$  (*griechischer Buchstabe my*)
  - Nano =  $10^{-9}$ , abgekürzt n; Beispiel: 1,5 Nanometer = 1,5 nm = 0,0000000015 m

Weniger bekannt und gebräuchlich sind Peta =  $10^{15}$  (P), Exa =  $10^{18}$  (E), Zetta =  $10^{21}$  (Z), Yotta =  $10^{24}$  (Y) und Piko =  $10^{-12}$  (p), Femto =  $10^{-15}$  (f), Atto =  $10^{-18}$  (a), Zepto =  $10^{-21}$  (z), Yokto =  $10^{-24}$  (y), aber auch Dekka (da oder D) = 10, Hekto =  $10^2$  (h oder H); im Jahre 2010 neu vorgeschlagen, aber bisher nicht akzeptiert wurde Hella =  $10^{27}$ .

## Einheitensystem der USA:

Obwohl man vom „internationalen System“ spricht, verwenden manche Länder (z. B. die USA) statt dessen immer noch eigene Einheiten. Speziell für die USA hier also noch kurz einigen Umrechnungen für übliche Einheiten:

- Länge: 1 Zoll = 1 Inch = 1 in = 1'' = 2,54 cm; 1 Fuß = 1 foot = 1 ft = 1' = 12'' = 0,3048 m; 1 yard = 1 yd = 3 ft = 0,9144 m; 1 Meile = 1 mile = 1609,3472 m
- Volumen: 1 Gallone = 1 US liquid gallon = 1 Usgal = 4,404 883 770 86 l
- Masse: 1 Pfund = 1 pound = 1 lb = 1 # = 0,45359237 kg
- Temperatur: Die Maßeinheit ist Grad Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ); die Umrechnung ist hier komplizierter:

wenn  $T_{\text{F}}$  die Temperatur in  $^{\circ}\text{F}$  ist, gilt für die gesuchte Temperatur  $T_{\text{C}}$  in  $^{\circ}\text{C}$ :  $T_{\text{C}} = \frac{5}{9} \cdot (T_{\text{F}} - 32)$ .

(Anmerkung: weil die NASA das SI-System verwendet, einige ihrer Zulieferfirmen aber das alte System, und eine der Firmen dies der NASA nicht mitteilte, wurden 1999 bei der Marssonde „Mars Climate Orbiter“ einige Zahlen falsch in den Computer eingegeben – was zum Absturz der Sonde führte... und damit zum Verlust von etwa 160 Millionen Dollar! Also immer auf die Verwendung der richtigen Einheiten achten!)