

## Größen mit Dimensionen und Einheiten

| Größe                     | Formelzeichen          | Definition                                                                                   | Dimension | SI-Einheit mit Definition                                          | zum SI inkohärente Einheiten mit Umrechnungsbeziehungen                                      |
|---------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Länge, Weglänge           | $l, s$                 | Grundgröße                                                                                   | $L$       | Meter (m) =<br>1/299 792 458 des Lichtweges in 1 s                 | Zoll = 25.4 mm,<br>Ångström (Å) = $10^{-10}$ m,<br>Fermi (fm) = $10^{-15}$ m                 |
| Zeit                      | $t$                    | Grundgröße                                                                                   | $T$       | Sekunde (s) =<br>9 192 631 770 Perioden der $^{133}\text{Cs}$ -Uhr | Minute (min) = 60 s,<br>Stunde (h) = 60 min,<br>Tag (d) = 24 h,<br>Jahr (a) $\cong 365.24$ d |
| Masse                     | $m$                    | Grundgröße                                                                                   | $M$       | Kilogramm (kg) (noch)<br>definiert durch Prototyp                  | Gramm (g) = $10^{-3}$ kg                                                                     |
| Fläche                    | $A$                    | $\int dA$<br>$dA$ = Länge $\times$ Breite eines rechteckigen Flächenelements                 | $L^2$     | m <sup>2</sup>                                                     | Barn (b) = $10^{-28}$ m <sup>2</sup>                                                         |
| Volumen                   | $V$                    | $\int dV$<br>$dV$ = Länge $\times$ Breite $\times$ Höhe eines quaderförmigen Volumenelements | $L^3$     | m <sup>3</sup>                                                     | Liter (l) = dm <sup>3</sup> = $10^{-3}$ m <sup>3</sup>                                       |
| Dichte                    | $\rho$                 | Masse/Volumen                                                                                | $M/L^3$   | kg/(m <sup>3</sup> )                                               | g/(cm <sup>3</sup> ) = $10^3$ kg/(m <sup>3</sup> )                                           |
| ebener Winkel             | $\alpha, \beta, \dots$ | Kreisbogen/Radius                                                                            | Zahl      | Radian (rad)                                                       | Grad (°) = $(2\pi/360)$ rad                                                                  |
| Raumwinkel                | $\Omega$               | Kugelsegmentfläche/(Radius) <sup>2</sup>                                                     | Zahl      | Steradian (sr)                                                     |                                                                                              |
| Frequenz einer Schwingung | $f, \nu$               | Anzahl der Schwingungsperioden/Zeit                                                          | $1/T$     | 1/s = Hertz (nur hierfür!)                                         |                                                                                              |
| Kreisfrequenz             | $\omega$               | $\omega = 2\pi f$                                                                            | $1/T$     | 1/s                                                                |                                                                                              |
| Winkelgeschwindigkeit     | $\omega$               | $\omega = d\alpha/dt$                                                                        | $1/T$     | 1/s                                                                |                                                                                              |
| Geschwindigkeit           | $\vec{u}, \vec{v}$     | $\vec{v} = d\vec{s}/dt$                                                                      | $L/T$     | m/s                                                                | km/h = 0.278 m/s                                                                             |
| Beschleunigung            | $\vec{a}$              | $\vec{a} = d\vec{v}/dt = d^2\vec{s}/dt^2$                                                    | $L/T^2$   | m/s <sup>2</sup>                                                   |                                                                                              |
| (Bahn-)Impuls             | $\vec{p}$              | $\vec{p} = m \vec{v}$                                                                        | $M L/T$   | kg m/s                                                             |                                                                                              |
| Drehimpuls                | $\vec{L}$              | $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$<br>$r$ = Bahnradiusvektor                                 | $M L^2/T$ | kg m <sup>2</sup> /s                                               |                                                                                              |
| Trägheitsmoment           | $J$                    | $J = \int r^2 dm$                                                                            | $M L^2$   | kg m <sup>2</sup>                                                  |                                                                                              |
| Kraft                     | $\vec{F}$              | Ursache der Impulsänderung: $\vec{F} = d\vec{p}/dt$                                          | $M L/T^2$ | Newton (N) = kg m/s <sup>2</sup>                                   | dyn = $10^{-5}$ N,<br>Kilopond (kp) $\cong 9.81$ N                                           |

| Größe                               | Formelzeichen             | Definition                                                                                                                                                                         | Dimension   | SI-Einheit mit Definition                                                                              | zum SI inkohärente Einheiten mit Umrechnungsbeziehungen                                                      |
|-------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Drehmoment                          | $\vec{M}$                 | $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$<br>$r$ = Hebelarmvektor                                                                                                                         | $M L^2/T^2$ | N m                                                                                                    | kp m $\cong$ 9.81 N m                                                                                        |
| Arbeit                              | $W$                       | $W = \int \vec{F} \bullet d\vec{s}$                                                                                                                                                | $M L^2/T^2$ | Joule (J) = N m                                                                                        | kp m $\cong$ 9.81 N m                                                                                        |
| Energie                             | $E$                       | jede in Arbeit umwandelbare Größe                                                                                                                                                  | $M L^2/T^2$ | Joule (J) = N m = W s                                                                                  | erg = $10^{-7}$ J,<br>Elektronenvolt (eV) $\cong$ $1.6 \cdot 10^{-19}$ J                                     |
| Leistung                            | $P$                       | Energieumsatz/Zeit                                                                                                                                                                 | $M L^2/T^3$ | Watt (W) = J/s                                                                                         | PS $\cong$ 736 W                                                                                             |
| Energieflussdichte einer Welle      | $I$                       | Wellenenergie pro senkrecht von ihr durchsetzte Fläche und Zeit                                                                                                                    | $M/T^3$     | W/m <sup>2</sup>                                                                                       |                                                                                                              |
| Druck                               | $p$                       | Kraft pro Fläche senkrecht zur Kraftrichtung                                                                                                                                       | $M/(L T^2)$ | Pascal (Pa) = N/m <sup>2</sup>                                                                         | Bar = $10^5$ Pa,<br>Torr = (101 325/760) Pa,<br>phys.Atm. = (101 325) Pa,<br>techn.Atm. = kp/cm <sup>2</sup> |
| Oberflächenspannung                 | $\sigma$                  | Kraft pro Länge eines Oberflächenrandes                                                                                                                                            | $M/T^2$     | N/m                                                                                                    | dyn/cm = $10^{-3}$ N/m                                                                                       |
| Viskosität                          | $\eta$                    | Aus der Reibungskraft $\vec{F}$ zwischen zwei Flüssigkeitsschichten: $\vec{F} = \eta A d\vec{v}/dx$<br>$A$ = Fläche der Schichten,<br>$dv/dx$ = Geschwindigkeitsgradient $\perp A$ | $M/(L T)$   | Pa s                                                                                                   | Poise (P) = (dyn/cm <sup>2</sup> ) = 0.1 Pa s                                                                |
| Stoffmenge                          | $n$                       | Grundgröße:<br>Anzahl der Teilchen (Moleküle, Atome, Ionen, ...) eines Stoffsystems/Anzahl der Atome in 12 g isoto-<br>penreinem <sup>12</sup> C                                   | $N$         | mol $\equiv$ $6.022 \cdot 10^{23}$ Teilchen                                                            |                                                                                                              |
| molare Masse                        | $M$                       | Masse eines Stoffsystems mit der gleichen Anzahl Teilchen wie Atomen in 12 g <sup>12</sup> C                                                                                       | $M/N$       | kg/mol                                                                                                 |                                                                                                              |
| Temperatur thermodynamisch, absolut | $T$                       | Grundgröße:<br>definiert durch den Wirkungsgrad $\eta = 1 - T/T_0$ eines reversiblen Kreisprozesses zwischen $T_0$ und $T$ .<br>Besitzt absoluten Nullpunkt.                       | $\Theta$    | Kelvin (K) =<br>1/273.16 der thermodyna-<br>mischen Tripelpunktstem-<br>peratur von reinem Was-<br>ser |                                                                                                              |
| Temperatur nach Celsius             | $\theta$                  | $\theta = T - 273.15$ K<br>d. h. Nullpunkt bei 273.15 K                                                                                                                            | $\Theta$    | Grad Celsius ( $^{\circ}C$ )<br>(Schrittlänge = K)                                                     |                                                                                                              |
| Temperaturdifferenz                 | $\Delta T, \Delta \theta$ | $\Delta T, \Delta \theta = T_2 - T_1 = \theta_2 - \theta_1$                                                                                                                        | $\Theta$    | K ( $^{\circ}C$ erlaubt)                                                                               |                                                                                                              |

| Größe                                | Formelzeichen | Definition                                                                                                                          | Dimension      | SI-Einheit mit Definition | zum SI inkohärente Einheiten mit Umrechnungsbeziehungen |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|
| Wärmemenge                           | $Q$           | Wärmeform der Energie                                                                                                               | Energie $E$    | J                         | cal = 4.1868 J                                          |
| Wärmeleitungsstromdichte             | $\vec{j}$     | aus $\Delta Q = j \Delta A \Delta t$<br>$\Delta Q$ = Wärmemenge, die in der Zeit $\Delta t$ durch die Fläche $\Delta A$ strömt.     | $P/L^2$        | W/m <sup>2</sup>          |                                                         |
| Wärmeleitfähigkeit                   | $\lambda$     | aus $J = -\lambda dT/dx$<br>$dT/dx$ = Temperaturgradient $\perp \Delta A$                                                           | $P/(L \Theta)$ | W/(m K)                   |                                                         |
| spezifische Wärmekapazität           | $c$           | aus $Q = m \int c dT$<br>$Q$ = mit einem Körper der Masse $m$ ausgetauschte Wärmemenge                                              | $E/(M \Theta)$ | J/(kg K)                  | cal/(g K) = 4.1868 · 10 <sup>3</sup> J/(kg K)           |
| molare Wärmekapazität (Molwärme)     | $C^m$         | aus $Q = n \int C^m dT$<br>$Q$ = mit einem Körper der Stoffmenge $n$ ausgetauschte Wärmemenge                                       | $E/(N \Theta)$ | J/(mol K)                 | cal/(mol K) = 4.1868 J/(mol K)                          |
| Entropie                             | $S$           | $S = n \int_0^T \frac{C^m(T)}{T} dT$                                                                                                | $E/\Theta$     | J/K                       |                                                         |
| elektrische Ladung                   | $Q$           | Grundgröße                                                                                                                          | $Q = I T$      | Coulomb (C) = A s         |                                                         |
| elektrische Stromstärke              | $I$           | $I = \Delta Q / \Delta t$<br>$\Delta Q$ = Ladungsmenge, die in der Zeit $\Delta t$ durch die Fläche $A$ strömt                      | $I = Q/T$      | Ampere (A) = C/s          |                                                         |
| elektrische Feldstärke               | $\vec{E}$     | aus $\vec{F} = Q \vec{E}$<br>$\vec{F}$ = Kraft auf ruhende Ladung $Q$                                                               | $F/Q$          | V/m = N/C                 |                                                         |
| elektrische Spannung                 | $U$           | aus $W = Q \int \vec{E} \bullet d\vec{s} = Q U$<br>$W$ = Arbeit des Feldes $\vec{E}$ zum Verschieben der Ladung $Q$ längs $\vec{s}$ | $E/Q$          | Volt (V) = J/C = J/(A s)  |                                                         |
| Kapazität                            | $C$           | aus $Q = C U$                                                                                                                       | $Q/U$          | Farad (F) = A s/V         |                                                         |
| elektrischer Widerstand              | $R$           | $R = U/I$                                                                                                                           | $U/I$          | Ohm ( $\Omega$ ) = V/A    |                                                         |
| spezifischer elektrischer Widerstand | $\rho$        | aus $R = \rho L/A$<br>$R$ = Widerstand eines Leiters der Länge $L$ und dem Querschnitt $A$                                          | $(U/I)L$       | $\Omega$ m                |                                                         |
| elektrische Leistung                 | $P$           | $P = W/t = U I$                                                                                                                     | $U I$          | Watt (W) = V A            |                                                         |

| Größe                                              | Formelzeichen | Definition                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Dimension                  | SI-Einheit mit Definition      | zum SI inkohärente Einheiten mit Umrechnungsbeziehungen |
|----------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|
| magnetische Erregung<br>(mathematische Hilfsgröße) | $\vec{H}$     | aus $\oint \vec{H} \bullet d\vec{s} = I$<br>für einen beliebigen geschlossenen Weg $\vec{s}$ um den stationären Strom $I$                                                                                                                                                                                                               | $I/L$                      | A/m                            | Oersted (Oe) = $10^3/(4\pi)$ A/m                        |
| magnetische Flussdichte<br>(Feldstärke)            | $\vec{B}$     | aus $\vec{F} = Q(\vec{v} \times \vec{B})$<br>$F$ = Kraft auf die mit der Geschwindigkeit $\mathbf{v}$ bewegte Ladung $Q$                                                                                                                                                                                                                | $F/(Q L/T)$<br>$= U T/L^2$ | Tesla (T) = V s/m <sup>2</sup> | Gauß (G) = $10^{-4}$ T                                  |
| magnetischer Fluss                                 | $\Phi$        | $\Phi = \int \vec{B} \bullet d\vec{A}$<br>$\vec{A}$ = vom Feld $\vec{B}$ durchsetzte Fläche                                                                                                                                                                                                                                             | $U T$                      | Weber (Wb) = V s               | Maxwell (Mx) = $10^{-8}$ Wb                             |
| magnetisches Moment                                | $\vec{m}$     | $\vec{m} = I \vec{A}$<br>$\vec{A}$ = vom Strom $I$ berandete Fläche. Die Stromumlaufrichtung bildet mit dem Vektor $\vec{A}$ eine Rechtsschraube.                                                                                                                                                                                       | $I L^2$                    | A m <sup>2</sup>               |                                                         |
| wechselseitige Induktivität                        | $M, L_{12}$   | aus $U_2 = -M dI_1/dt$<br>$U_2$ = Spannung, die im <i>Sekundärkreis</i> durch den im <i>Primärkreis</i> fließenden Strom $I_1$ induziert wird.                                                                                                                                                                                          | $U T/I$                    | Henry (H) = V s/A              |                                                         |
| Selbstinduktivität                                 | $L$           | aus $U = -L dI/dt$<br>$U$ = durch $I$ induzierte Spannung                                                                                                                                                                                                                                                                               | $U T/I$                    | Henry (H) = V s/A              |                                                         |
| Strahlungsleistung                                 | $\Phi$        | von einer Fläche $A$ pro Zeitintervall $\Delta t$ insgesamt abgestrahlte elektromagnetische Energie                                                                                                                                                                                                                                     | $P$                        | W                              |                                                         |
| raumwinkelbezogene spektrale Strahlungsdichte      | $L_\lambda$   | aus $\Delta\Phi = L_\lambda(\lambda, T) \Delta A \cos\theta \Delta\Omega \Delta\lambda$<br>$\Delta\Phi$ = vom Flächenelement $\Delta A$ mit der Temperatur $T$ in den <i>Raumwinkel</i> $\Delta\Omega$ emittierte Strahlungsleistung aus dem Wellenlängenintervall $(\lambda, \lambda + \Delta\lambda)$ , $\theta$ = Abstrahlungswinkel | $P/(L^2 L)$                | W/(m <sup>2</sup> m)           |                                                         |
| spezifische Ausstrahlung                           | $M_\lambda$   | aus $\Delta\Phi = M_\lambda(\lambda, T) \Delta A \Delta\lambda$<br>$\Delta\Phi$ = vom Flächenelement $\Delta A$ mit der Temperatur $T$ in den <i>gesamten Halbraum</i> emittierte Strahlungsleistung aus dem Wellenlängenintervall $(\lambda, \lambda + \Delta\lambda)$                                                                 | $P/(L^2 L)$                | W/(m <sup>2</sup> m)           |                                                         |
| totale Ausstrahlung                                | $M$           | $M(T) = \int_0^\infty M_\lambda(\lambda, T) d\lambda$                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $P/L^2$                    | W/m <sup>2</sup>               |                                                         |
| Aktivität einer Menge einer radioaktiven Substanz  | $A$           | Anzahl der Zerfälle pro Zeitintervall                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $1/T$                      | Becquerel (Bq) = 1/s           | Curie (Ci) = $3.7 \cdot 10^{10}$ Bq                     |