

Grundlagen der Elektrotechnik I

Duale Hochschule Karlsruhe

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Gerald Oberschmidt

1 Einheiten

1.1 Basis-Einheiten

Ziel der Aufgaben ist die Rechnung mit SI-Einheiten zu üben.

Geben Sie für die folgenden Größen gebräuchliche kohärente Einheiten und die Dimension an, rechnen Sie die kohärenten Einheiten in die Basiseinheiten des SI-Systems um:

- (a) Geschwindigkeit

Lösung: $\dim(v) = \frac{L}{T}$ bzw. $[v] = \frac{m}{s}$

- (b) Kinetische Energie einer Masse, bekanntlich dem Zusammenhang Arbeit = 0,5 × Masse × Geschwindigkeit zum Quadrat ($W = \frac{1}{2}mv^2$).

Lösung: $\dim(W) = M\dim(v)^2 = ML^2/T^2$ bzw. $[W] = \text{kgm}^2/\text{s}^2$

- (c) Druck (=Kraft pro Fläche)

Lösung: $\dim(P) = \frac{ML}{L^2T^2} = \frac{M}{LT^2}$ bzw. $[p] = \text{Pa} = \frac{N}{\text{m}^2} = \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2\text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2}$

- (d) Ladung in einer Autobatterie 75 Amperé-Stunden (A · h).

Lösung: 75 Ah = 270 kAs

- (e) Temperaturspanne in der Rheinschiene von -15 °C bis +40°C.

Lösung: 55 K

- (f) Anzugsmoment einer Radmutter an einem Chevrolet von 885,1 lb-in [mit 1 lb = 453,592 370 g (Amerikanisches Pfund) und 1 in = 2,54 cm (inch)].

Lösung: 885,1 lb – in = 885,1 × 0,453 592 kg × 0,0254 m × 9,8062 $\frac{m}{s^2}$ = 100 Nm = 100 $\frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2}$

- (g) Welchen Reifendruck in psi (pound per square inch $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$) muss man in USA einstellen, wenn man 2 bar im Reifen haben möchte?

Lösung:

$$\begin{aligned}
 2 \text{ bar} &= 0,2 \text{ MPa} = 0,2 M \frac{N}{\text{m}^2} = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \\
 &= 2 \cdot 10^5 \frac{\text{kgm}}{\text{m}^2\text{s}^2} = 2 \cdot 10^5 \times \frac{\frac{\text{lb}}{0,453592 \text{ kg}}}{\left(\frac{\text{in}}{0,0254 \text{ m}}\right)^2} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}^2} \\
 &= 29,008 \text{ psi} \times 9,8062 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}
 \end{aligned}$$

- (h) Welche durchschnittliche Geschwindigkeit hatte Usain Bolt am 16.8.2009 in Berlin bei seinem 100 m Lauf in 9,58 s? Geben Sie (Ausnahmsweise) auch die Geschwindigkeit in km/h an und nennen Sie Ihre Top-Speed auf dem Fahrrad!

Lösung: $v = 10,438 \text{ m/s} = 37,578 \text{ km/h}$

- (i) Im letzten Jahr habe ich 1340 m^3 Gas verheizt. Dieses hatte einen Brennwert von $11,2 \text{ kWh/m}^3$. Wie groß war mein Energieverbrauch, und wie hoch wäre meine Stromrechnung bei einem Preis von 20 Cent/kWh zusätzlich gewesen, hätte ich mit Strom geheizt?

Lösung: $W_{ges} = 15\,008 \text{ kWh} = 54,03 \text{ GJ}$; Hätte gekostet: 3001,6 EUR

- (j) Drehmoment eines PKW Motors (Bugatti Veyron) von 1001 PS bei 6000 U/min! Wobei zu beachten ist, dass 1 PS die Leistung ist, die (von einem Pferd) erbracht wird, wenn ein Gewicht von 75 kg in einer Sekunde um einen Meter (gegen die Erdanziehungskraft von $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$) gehoben wird. Wie schnell wäre eine Kutsche mit 1001 Pferden, und wie lang?

Lösung: Leistung $P_{Veyron} = 1001 \text{ PS} \times 75 \text{ kg} \times 9,80665 \text{ m/s}^2 = 0,736\,234 \text{ MW} = 0,736\,234 \times 10^6 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3}$

Drehmoment, ω ist die Winkelgeschwindigkeit

$$M = P_{Veyron} / \omega = 0,736\,234 \times 10^6 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3} / \frac{100 \times 2\pi}{\text{s}} = 1171 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} = 1171 \text{ Nm}$$

1.2 Zehnerpotenzen

Ziel der Aufgaben ist es, einen sicheren Umgang mit Zehnerpotenzen in wissenschaftlicher Notation und mit Vorsatz der Potenz vor der Einheit zu erlangen.

Geben Sie folgende Werte zum Einen in einer bequemen wissenschaftlichen Notation (also mit Zehnerpotenzen) und zum Anderen in einer Schreibweise mit Vorsatz für die Zehnerpotenz an! Verwenden Sie nur kohärente Einheiten aus dem SI-System, gerne auch abgeleitete.

(a) $A = 10 \text{ nm} \times 4 \mu\text{m}$

Lösung: $A = 4 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2 = 40000 \cdot 10^{-2,9} \text{ m}^2 = 40000 \text{ nm}^2$

(b) $V = (10 \text{ mm})^3$

(c) $v = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(d) $f = 9\,192\,631\,770 \frac{1}{\text{s}}$

(e) Folgende Entfernungen

i. Die Größe der Milchstraße ca. 100 000 Lichtjahre (ein Jahr hat $365\frac{1}{4}$ Tage); Entfernung Erde - Sonne $150 \cdot 10^6 \text{ km}$; Erde zum Mond $384\,400 \text{ km}$;

ii. Erdumfang und -radius; Entfernungen Karlsruhe - Sydney; Karlsruhe - Stuttgart; Duale Hochschule zum Schloss; zu Ihrem Nachbarn;

iii. Gitterkonstante von Ga As mit $a = 5,6 \text{ \AA}$ mit einem Angström $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$; Atomradius von Wasserstoff (30 pm).

(f) Folgende wichtige physikalische Größen

i. Elementarladung von $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;

ii. Elektronengewicht $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$;

iii. Protonengewicht $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

iv. Masse der Erde $m_E = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

- (g) Ladung in allen PKW-Batterien (Jahr 2010) zusammen, das waren 41 737 600 PKW, wir nehmen eine Batterie mit 75 Ah an.
- (h) Maximale Dauerleistung aller Deutschen Kernkraftwerke beträgt (21 507 MW), die abgegebene Energiemenge (134 932 GWh) und der Brennstoffverbrauch (1 474,0 PJ). Berechnen Sie daraus noch
- i. Wie lange die KKW - im Durchschnitt - bei Ihrer maximal möglichen Dauerleistung betrieben wurden, Deutschland hat 17 Reaktoren in Betrieb!
Lösung: Betriebsdauer: $t = W_{ab}/P/N = 134932 \text{ GWh}/(21507 \text{ MW}) = 6273,9 \text{ h} = 261 \text{ Tage}$
 - ii. Wieviel Brennstoff pro abgegebener Energie eingesetzt werden musste (Wirkungsgrad)!
Lösung: $\eta = W_{ab}/W_{in} = 32,95 \%$
- (i) Druck einer elektrotechnischen Prüfnadel, die mit 2 N auf eine Fläche von $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ drückt.
- (j) Die Kraft der Definition des Amperé, die pro einem Meter zwischen zwei unendlich langen Leitern wirkt, wenn diese Leiter von einem Amperé durchflossen werden und einen Abstand von einem Meter zueinander haben.
- (k) Berechnen Sie $l = 1 \text{ km} + 23 \text{ cm} + 70 \text{ mm} + 12 \text{ pm}$!
- (l) Im Hausanschluss zum Elektroherd in der Küche fließen 10 A. Gleichzeitig nutzt ein weiterer Hausbewohner Power-Line-Communication, um im Internet zu surfen, hierfür fließt ein Strom von $141 \mu\text{A}$ durch die gleiche Leitung. Wie groß ist das Verhältnis von Signalstrom (für das Internet) zum Gesamtstrom auf der Leitung.