

# Übung 1: Grundbegriffe

© M. Schlup, 30. April 2023

## Aufgabe 1

### Basiseinheiten

Geben Sie die Einheiten der angegebenen Grössen in den SI Basiseinheiten m (Meter), kg (Kilogramm), s (Sekunde) und A (Ampère) an:

- a) Kraft: N (Newton)
- b) Energie: J (Joule)
- c) Leistung: W (Watt)
- d) elektrische Ladung: C (Coulomb)  
Hinweis: Stromstärke = Ladung pro Zeiteinheit
- e) elektrische Spannung: V (Volt)  
Hinweis: Leistung = Spannung mal Stromstärke

## Aufgabe 2

### Grössengleichungen

- a) Bestimmen Sie die Grössengleichung, die die benötigte Zeit  $T$  in Sekunden einer ganzen Umdrehung (Periodendauer) aus der Drehzahl  $n$  einer rotierenden Welle ergibt. Die Drehzahl ist dabei in  $\text{U min}^{-1}$  gegeben.
- b) Die folgende Zahlenwertgleichung gibt die Masse  $m$  eines Eisenstangenprofils mit der Länge  $\ell$  und der Querschnittfläche  $A = 2 \text{ cm}^2$  an:

$$m = 1.572 \cdot \ell \quad \text{mit } m \text{ in kg und } \ell \text{ in m}$$

- (1) Wie lautet die Grössengleichung für die Masse  $m$  in Funktion der Stablänge  $\ell$ ?
  - (2) Geben Sie die Grössengleichung an mit der die Masse für einen 3 m langen Stab in Funktion der Querschnittfläche  $A$  bestimmt werden kann.
  - (3) Berechnen Sie die Dichte  $\rho$  des Eisens in  $\text{g cm}^{-3}$  und in  $\text{t m}^{-3}$  (Tonnen pro  $\text{m}^3$ ) aus den obigen Angaben.
- c) Die Stromstärkeneinheit Ampère wurde (bis 2019) über folgende allgemeine Formel für den Kraftbelag (Kraft pro Leiterlängeneinheit) zwischen zwei langen, parallel verlaufenden, geraden, stromführenden Leitern definiert:

$$F' = \frac{F}{\ell} = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r}$$

dabei sind

$F$	Kraft in N
$\ell$	Leiterlänge in m
$I_1, I_2$	Stromstärken in A
$r$	Leiterabstand in m
$\mu_0$	magnetische Feldkonstante

Die Stromstärke  $I_1 = I_2$  beträgt gerade 1 A, wenn bei einem Leiterabstand  $r = 1$  m der Kraftbelag  $F' = 0.2 \cdot \mu \text{ N m}^{-1}$  (Mikro-Newton pro Meter) aufweist.

- (1) Welchen Wert mit Einheit ergibt sich für  $\mu_0$ ?
- (2) Geben Sie die Einheit von  $\mu_0$  mit den Einheiten Volt, Ampère, Sekunde und Meter an.

d) Der spezifische Widerstand  $\rho$  eines Metalldrahts der Länge  $\ell$  mit Querschnittfläche  $A$  wird durch folgende Formel mit dem Drahtwiderstand  $R$  verknüpft:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

- (1) Bestimmen Sie die Gleichung um den spezifischen Widerstand  $\rho_{tech}$  mit Einheit  $\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$  in  $\rho$  mit Einheit  $\Omega \text{ m}$  umzurechnen.
- (2) Bestimmen Sie die Gleichung mit der die Leitfähigkeit  $\gamma$  in  $\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$  aus dem spezifischen Widerstand  $\rho_{tech}$  mit Einheit  $\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$  berechnet werden kann. Mit kompatiblen Einheiten ist die Leitfähigkeit der reziproke Wert des spezifischen Widerstands:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

### Aufgabe 3

#### Angabe von Rechnungsergebnissen

Geben Sie die Ergebnisse der folgenden Rechnungen korrekt an:

a)

$$\begin{aligned} 0,3452 + 1,234 &= \\ 0,0088 + 1,04 &= \\ 0,02310 - 0,023034 &= \\ 2,310 - 0,02382 &= \end{aligned}$$

b)

$$\begin{aligned} 24,04 \cdot 0,0234 &= \\ 23,9 \cdot 0,25 &= \\ 230,4/0,0234 &= \\ 230,9/0,25 &= \end{aligned}$$

## Aufgabe 4

### Grundbegriffe

- a) Nennen Sie drei methodische Ansätze die Galilei bei seinem Versuch der Messung der Fallgesetze mit dem Brett und der Kugel befolgt hat, welche heute noch Bestand haben.
- b) Nennen Sie drei Aspekte, welche der Markt von der Messtechnik erwartet.
- c) Nennen Sie fünf physikalische Ursachen der Messunsicherheit.
- d) Erläutern Sie die Begriffe
  - (1) Kalibrieren
  - (2) Eichen
  - (3) Justieren

## Aufgabe 5

### Unsicherheiten der Grundeinheiten

Mit welcher relativen Genauigkeit können heute in den besten metrologischen Labors die folgenden Grössen bestimmt werden und welche Kalibrierengenauigkeiten werden für diese Grössen von der METAS (<http://www.metas.ch/metasweb>) angeboten?

- a) Masse
- b) Länge
- c) Zeit
- d) elektrische Stromstärke
- e) elektrischer Widerstand
- f) elektrische Spannung

Die Werte können z. B. im www recherchiert werden. Was fällt auf?

## Aufgabe 6

### Präzisionsmessgeräte

Untersuchen Sie die Herstellerangaben eines High-Performance DMM von Keithley (Model 2002,  $8\frac{1}{2}$ -digit resolution): <https://de.tek.com/digital-multimeter>.

Was lässt sich aus der angegebenen Spannungsaufösung von  $8\frac{1}{2}$ -digit bei 2 V DC schliessen<sup>1</sup>?

---

<sup>1</sup>  $\frac{1}{2}$  Digit bedeutet, dass die erste Ziffer des angezeigten Werts nur 0, 1 oder 2 sein kann, also bei  $8\frac{1}{2}$  Digits im 2V-Bereich maximal 2.00000000 V gemessen werden kann (full-scale).