

**Hinweise**

Hilfsmittel: Taschenrechner, Tafelwerk. Bearbeitungszeit: 90 Minuten. Bewertungseinheiten (BE) insgesamt: 61. Geben Sie Messergebnisse in der Form (Messwert  $\pm$  Messunsicherheit) Einheit an. Runden Sie Messunsicherheiten stets **auf** und geben Sie sie mit einer signifikanten Ziffer an, mit zwei, wenn die erste Ziffer eine 1 ist. Der Messwert wird an derselben Stelle gerundet wie die Messunsicherheit.

Im Teil A ist bei den Auswahlaufgaben A 1 bis A 5 jeweils genau eine Antwort richtig.

**Teil A****10 BE**

- A 1** Eine Küchenwaage zeigt ohne aufgelegte Last bereits 2,4 g an. Die dadurch verursachte Messabweichung ist ... **1**
- ☐ zufällig. ☐ systematisch und korrigierbar.  
☐ ein grober Fehler (Fehlmessung). ☐ durch Mittelwertbildung zu beseitigen.
- A 2** Für die Länge einer Zucchini wird das Messergebnis  $\ell = (47,3 \pm 0,2)$  cm angegeben. Das bedeutet: **1**
- ☐ Die wahre Länge beträgt genau 47,3 cm. ☐ Die Messabweichung beträgt 0,2 cm.  
☐ Die wahre Länge liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit zwischen 47,1 cm und 47,5 cm. ☐ Die relative Messunsicherheit beträgt 0,2 %.
- A 3** Die drei Kantenlängen eines Quaders werden jeweils mit einer relativen Messunsicherheit von 1 % gemessen. Die relative Messunsicherheit des daraus berechneten Volumens beträgt etwa ... **1**
- ☐ 0,0001 % ☐ 1 % ☐ 1,7 % ☐ 3 %
- A 4** Der Radius einer Kugel wird mit einer relativen Messunsicherheit von 2 % bestimmt. Die relative Messunsicherheit des Kugelvolumens  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$  beträgt ... **1**
- ☐ 2 % ☐ 4 % ☐ 6 % ☐ 8 %
- A 5** Eine Größe wird als Differenz zweier fast gleich großer Messwerte bestimmt. Dann gilt: **1**
- ☐ Die absoluten Messunsicherheiten heben sich auf. ☐ Die relative Messunsicherheit der Differenz kann sehr groß werden.  
☐ Die relativen Messunsicherheiten werden subtrahiert. ☐ Die Differenz ist genauer als jeder einzelne Messwert.
- A 6** Ein analoger Strommesser der Genauigkeitsklasse 1,5 zeigt im Messbereich 3 A einen Wert von 1,20 A an. **3**
- Ermitteln Sie die absolute und die relative Messunsicherheit dieser Messung.
- Begründen Sie, warum man bei analogen Messgeräten den Messbereich so wählt, dass der Zeiger möglichst weit ausschlägt.
- A 7** Unterscheiden Sie die Begriffe *Messabweichung* und *Messunsicherheit*. **2**

**Teil B****Aufgabe 1 – Bestimmung der Fallbeschleunigung****18 BE**

Im Schulhof lässt ein Schüler einen Tennisball aus der Ruhe aus der Höhe  $h = (2,00 \pm 0,01)$  m fallen. Eine Mitschülerin misst die Fallzeit zehnmal mit einer Handstoppuhr (Anzeige auf 0,01 s). Der Luftwiderstand ist zu vernachlässigen.

| Messung | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t in s  | 0,62 | 0,66 | 0,60 | 0,68 | 0,64 | 0,63 | 0,70 | 0,61 | 0,65 | 0,66 |

- 1.1** Nennen Sie je eine Ursache für eine zufällige und für eine systematische Messabweichung bei dieser Zeitmessung. **2**
- 1.2** Ermitteln Sie aus der Messreihe den Mittelwert der Fallzeit und schätzen Sie ihre Messunsicherheit über die halbe Spannweite ab. Geben Sie das Messergebnis an. **3**
- 1.3** Zeigen Sie, dass für die relative Messunsicherheit der Fallbeschleunigung  $g = 2h/t^2$  gilt:  
 $\Delta g/g = \Delta h/h + 2 \cdot \Delta t/t$ . **5**  
 Berechnen Sie  $g$  und geben Sie das Ergebnis mit Messunsicherheit an.
- 1.4** Beurteilen Sie Ihr Ergebnis im Vergleich mit dem Tabellenwert  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Nennen Sie die Messgröße, die die Messunsicherheit von  $g$  hauptsächlich bestimmt, und begründen Sie Ihre Angabe. **2**
- 1.5** Der Versuch wird mit zwei Lichtschranken und einem elektronischen Zeitmesser wiederholt. Gemessen wird  $t = (0,6386 \pm 0,0010)$  s, die Fallhöhe bleibt unverändert. **4**  
 Berechnen Sie  $g$  mit Messunsicherheit.  
 Erläutern Sie, welche Messgröße nun die Messunsicherheit bestimmt, und schlagen Sie eine Verbesserung des Experiments vor.
- 1.6** Ein Mitschüler schlägt vor, statt der Lichtschranken einfach 100-mal mit der Hand zu stoppen. Beurteilen Sie diesen Vorschlag. **2**

**Aufgabe 2 – Bestimmung eines Widerstands**

21 BE

Zur Bestimmung des Widerstands  $R$  eines Bauteils wird die nebenstehende Schaltung aufgebaut. Bei verschiedenen Spannungen werden Spannung und Stromstärke gemessen.

Spannungsmesser: analog, Genauigkeitsklasse 1,0, Messbereich 10 V, Innenwiderstand 10 k $\Omega$ .

Strommesser: analog, Genauigkeitsklasse 1,5, Messbereich 200 mA.

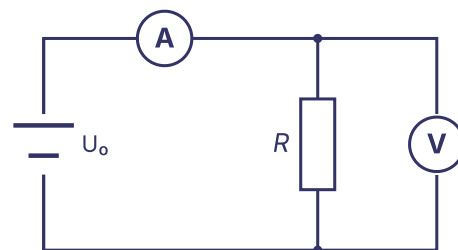
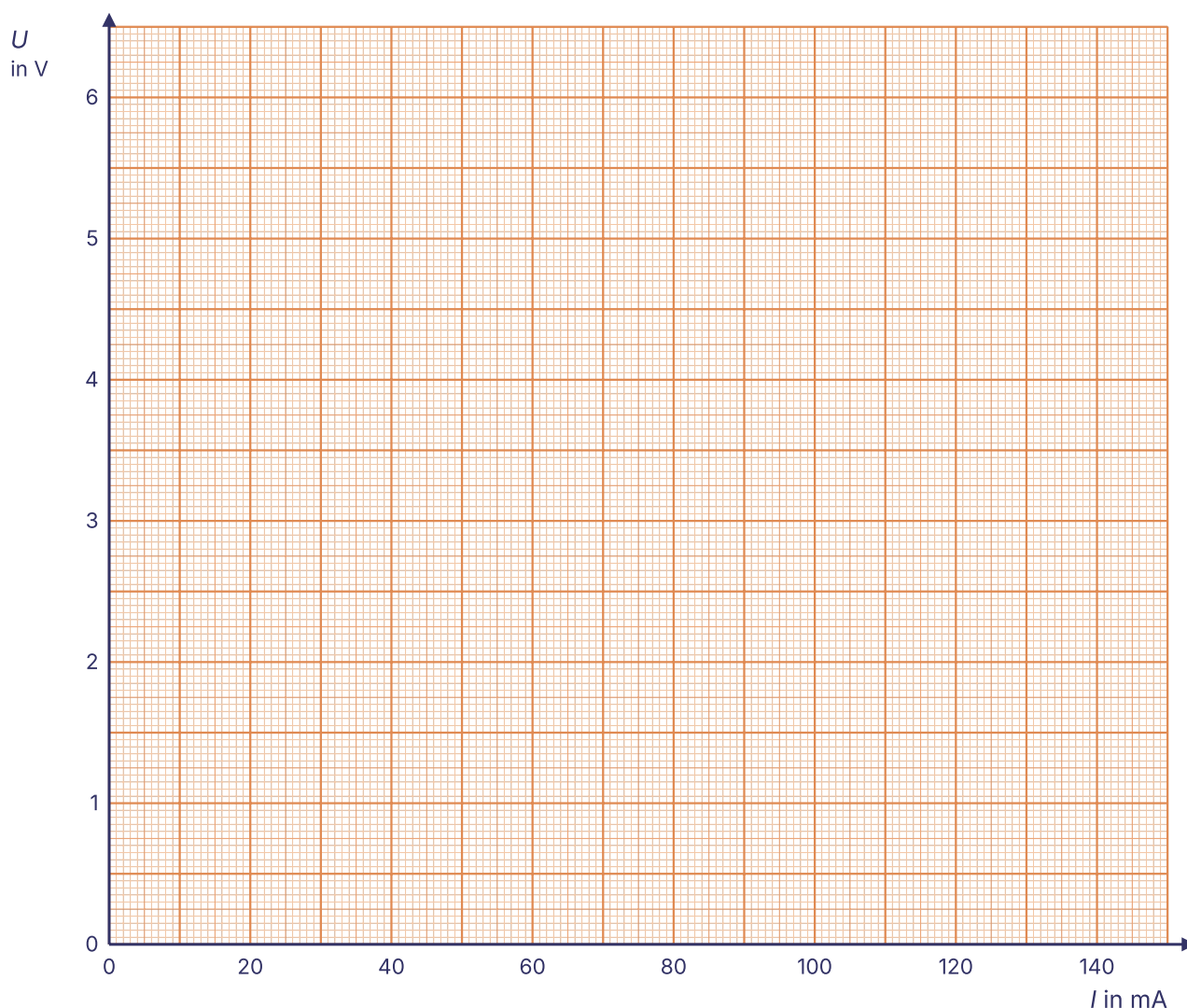


Bild 2: Schaltung

| $U$ in V  | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $I$ in mA | 21  | 43  | 63  | 86  | 105 | 128 |

- 2.1** Zeigen Sie, dass für jeden Messwert die Messunsicherheiten  $\Delta U = 0,1$  V und  $\Delta I = 3$  mA betragen. **2**
- 2.2** Stellen Sie die Spannung in Abhängigkeit von der Stromstärke im Diagramm auf Blatt 4 grafisch dar. Tragen Sie zu jedem Messpunkt die Fehlerbalken ein. **4**
- 2.3** Begründen Sie, dass die Ausgleichsgerade durch den Koordinatenursprung verlaufen muss. Zeichnen Sie die Ausgleichsgerade ein und ermitteln Sie aus ihr den Widerstand  $R$ . **3**
- 2.4** Zeichnen Sie die beiden Grenzgeraden ein. Ermitteln Sie daraus die Messunsicherheit von  $R$  und geben Sie das Messergebnis an. **4**
- 2.5** Berechnen Sie den Widerstand jeweils aus dem ersten und aus dem letzten Messpunkt mit Messunsicherheit. **4**  
Vergleichen Sie beide Ergebnisse und erläutern Sie den Unterschied in den Messunsicherheiten.
- 2.6** Durch den Spannungsmesser fließt ebenfalls ein Strom, den der Strommesser mitmisst. **4**  
Erläutern Sie, ob dadurch der ermittelte Widerstand zu groß oder zu klein ist, und ordnen Sie diese Abweichung ein. Schätzen Sie ihren Betrag für den letzten Messpunkt ab und beurteilen Sie, ob sie berücksichtigt werden muss.

**Diagramm zu Aufgabe 2****Aufgabe 3 – Dichte einer Flüssigkeit****12 BE**

Ein Messzylinder wird leer gewogen:  $m_1 = (52,4 \pm 0,1)$  g. Nach dem Einfüllen von  $V = (100 \pm 1)$  cm<sup>3</sup> einer unbekannten Flüssigkeit zeigt die Waage  $m_2 = (131,6 \pm 0,1)$  g.

- |            |                                                                                                                                                                                                                                   |          |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>3.1</b> | Berechnen Sie die Masse der Flüssigkeit mit Messunsicherheit.                                                                                                                                                                     | <b>2</b> |
| <b>3.2</b> | Berechnen Sie die Dichte der Flüssigkeit mit Messunsicherheit.                                                                                                                                                                    | <b>3</b> |
| <b>3.3</b> | Laut Tafelwerk haben Ethanol die Dichte $0,789 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ und Aceton die Dichte $0,790 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Beurteilen Sie die Aussage: „Die Flüssigkeit ist Ethanol.“                          | <b>2</b> |
| <b>3.4</b> | Beim Ablesen des Volumens blickt eine Schülerin schräg von oben auf die Skala. Erläutern Sie die Art der Messabweichung und ihre Auswirkung auf die ermittelte Dichte.                                                            | <b>3</b> |
| <b>3.5</b> | Mit einer einfacheren Küchenwaage soll die Masse der Luft in einem Ball bestimmt werden: schlaff 412 g, aufgepumpt 417 g, je $\pm 1$ g. Berechnen Sie die relative Messunsicherheit der Luftmasse und bewerten Sie das Verfahren. | <b>2</b> |

**Summe: Teil A 10 BE · Aufgabe 1 18 BE · Aufgabe 2 21 BE · Aufgabe 3 12 BE · gesamt 61 BE**