

## Übungen zur Mechanik – Lösungen Serie 2

### 1. Signifikante Ziffern in einzelnen Angaben

- (a) 37.4 mm → 3 s.Z.      (b) 8.60 kg → 3 s.Z.      (c) 0.044 s → 2 s.Z.  
(d) 89 900 J → 3 s.Z.      (e) 89 900.0 J → 6 s.Z.      (f)  $\pi$  → exakt  
(g) 40 000 km → 1 s.Z.      (h) 800 m<sup>3</sup> → 1 s.Z.
- (i) Ende 2012 lebten in der Schweiz 7.997 Millionen Menschen. → 4 s.Z.  
(j) Das Menü in der Mensa kostet sFr. 7.50. → exakt  
(k) In diesem Tram befinden sich momentan 45 Leute. → exakt  
(l) Die Zugfahrt von Zürich nach Bern dauert heutzutage nur noch 57 Minuten. → 2 s.Z.  
(m) "An Weihnachten habe ich 3 Kilogramm zugenommen." → 1 s.Z.  
(n) Ein Kilometer entspricht 1 000 000 Millimeter. → exakt
- Bemerkung:** Einheitenumrechnungen wie diese sind stets exakt – sofern sie richtig sind!

### 2. Das Rezept bei kinematischen Fragestellungen

- (a) Bewegungstyp: gmbBoA. Gegeben:  $a = 4.00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $s = 50.0 \text{ m}$ . Gesucht:  $t$ ,  $v$ .
- $$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50.0 \text{ m}}{4.00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 5.000 \text{ s} \simeq \underline{\underline{5.00 \text{ s}}}$$
- $$s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 4.00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50.0 \text{ m}} = 20.00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \simeq \underline{\underline{20.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$
- (b) Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $t = 5.50 \text{ s}$ ,  $v = 25.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ges.:  $a$ ,  $s$ .
- $$v = a \cdot t \Rightarrow a = \frac{v}{t} = \frac{25.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5.50 \text{ s}} = 4.545 45 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \simeq \underline{\underline{4.55 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$
- $$s = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{25.0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5.50 \text{ s}}{2} = 68.75 \text{ m} \simeq \underline{\underline{68.8 \text{ m}}}$$
- (c) Bew.typ: gfB. Geg.:  $v = 430 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $s = 285 \text{ km} = 285\,000 \text{ m}$ . Ges.:  $t$ .
- $$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{285\,000 \text{ m}}{430 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 663 \text{ s} = 11.047 \text{ min} \simeq \underline{\underline{11 \text{ min}}}$$
- (d) Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $s = 1.10 \text{ m}$ ,  $v = 250 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ges.:  $a$ ,  $t$ .
- $$s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(250 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 1.10 \text{ m}} = 28\,409 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 28.409 \frac{\text{km}}{\text{s}^2} \simeq \underline{\underline{28 \frac{\text{km}}{\text{s}^2}}}$$
- $$s = \frac{v \cdot t}{2} \Rightarrow t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot 1.10 \text{ m}}{250 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.00880 \text{ s} = 8.80 \text{ ms} \simeq \underline{\underline{8.8 \text{ ms}}}$$

### 3. Menschliche Maximalbeschleunigung

Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $a = 5.30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $v = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 11.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ; ges.:  $t$ ,  $s$ .

$$v = a \cdot t \Rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{11.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5.30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2.10 \text{ s} = \underline{\underline{2.1 \text{ s}}} \quad s = \frac{v^2}{2a} = \frac{(11.1 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 5.30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 11.6 \text{ m} \simeq \underline{\underline{12 \text{ m}}}$$

### 4. Die Tiefe eines Brunnens

(a) Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $t = 2.70 \text{ s}$ ,  $a = g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Ges.:  $s$ .

$$s = \frac{a}{2} t^2 = \frac{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot (2.70 \text{ s})^2 = 35.76 \text{ m} \simeq \underline{\underline{35.8 \text{ m}}}$$

**Bemerkung:** Da die Fallbeschleunigung ein so häufig verwendeter und wichtiger Wert ist, wird sie mit einem eigenen Symbol abgekürzt:  $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

(b) Tatsächlich können vor allem zwei Effekte die Antwort von (a) verfälschen:

- Der **Luftwiderstand** wird mit anwachsender Geschwindigkeit immer grösser. Dadurch verringert sich die Beschleunigung des Steins. Ist dieser sehr kompakt, so dürfte der Effekt über die berechnete Fallhöhe hinweg allerdings nicht allzu gross sein.
- Franz misst genau genommen nicht die Fallzeit alleine, sondern auch noch die Zeit, welche der **Schall** braucht, um aus dem Brunnen aufzusteigen. Allerdings ist der Schall sehr schnell (vgl. (c)). Auch dieser Effekt ist also nicht allzu gross.

Beide Effekte verringern die unter (a) berechnete Brunnentiefe.

(c) Der Schall bewegt sich gleichförmig durch die Luft, woraus folgt:

Bew.typ: gfb. Geg.:  $s = 35.76 \text{ m}$ ,  $v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ges.:  $t$ .

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{35.76 \text{ m}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.1052 \text{ s} = 105.2 \text{ ms} \simeq \underline{\underline{110 \text{ ms}}}$$

### 5. Der Curlingstein

Denken wir in der Zeitumkehr, so wird aus der negativen Verzögerung eine positive Beschleunigung. Der Stein startet aus dem Stand und muss 19.5 Meter weit kommen. Es ist dann also:

Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $s = 19.5 \text{ m}$ ,  $a = 0.10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Ges.:  $v$ ,  $t$ .

$$s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 0.10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 19.5 \text{ m}} = 1.975 \frac{\text{m}}{\text{s}} \simeq \underline{\underline{2.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 19.5 \text{ m}}{0.10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 19.75 \text{ s} \simeq \underline{\underline{20 \text{ s}}}$$

### 6. Lichtgeschwindigkeit erreichen

Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $a = g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $v = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ges.:  $t$ .

$$v = a \cdot t \Rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 30\,581\,000 \text{ s} = 8\,494.7 \text{ h} = 353.95 \text{ Tage} \simeq \underline{\underline{354 \text{ Tage}}} \approx 1 \text{ Jahr!}$$

### 7. Der Anhalteweg

(a) Bew.typ: gfb. Geg.:  $t = 0.50 \text{ s}$ ,  $v = 70 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 19.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ges.:  $s$ .

$$s = v \cdot t = 0.50 \text{ s} \cdot 19.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 9.70 \text{ m} \simeq \underline{\underline{9.7 \text{ m}}}$$

(b) Wiederum muss via Zeitumkehr gerechnet werden. Vom gesamten Anhalteweg ist zunächst der Reaktionsweg abzuzählen um den Bremsweg zu erhalten!

Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $s = 60 \text{ m} - 9.70 \text{ m} = 50.3 \text{ m}$ ,  $v = 70 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 19.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ges.:  $a$ ,  $t$ .

$$s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(19.4 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 50.3 \text{ m}} = 3.74 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Verzögerungen sollte im Resultat ein Minuszeichen vorangestellt werden:  $a \simeq \underline{\underline{-4.0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$ .

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \Rightarrow t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot 50.3 \text{ m}}{19.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5.19 \text{ s} \simeq \underline{\underline{5.2 \text{ s}}}$$

(c) Nach den ersten 20 m Bremsweg befindet sich das Auto noch 30.3 m von der Kuh entfernt. Mit der unter (b) berechneten Beschleunigung erhalten wir:

Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $a = 3.74 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $s = 30.3 \text{ m}$ . Ges.:  $v$ .

$$s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 3.74 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 30.3 \text{ m}} = 15.05 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 54.2 \frac{\text{km}}{\text{h}} \simeq \underline{\underline{54 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

### 8. Langsam im Quadrat!

(a) Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $t = 0.50 \text{ h}$ ,  $s = 600 \text{ m} = 0.60 \text{ km}$ . Ges.:  $a$ .

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0.60 \text{ km}}{(0.50 \text{ h})^2} = 4.8 \frac{\text{km}}{\text{h}^2}$$

(b) Bew.typ: gmbBoA. Geg.:  $v = 16.0 \text{ kn} = 29.632 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ,  $a = 4.8 \frac{\text{km}}{\text{h}^2}$ . Ges.:  $s$ .

$$s = \frac{v^2}{2a} = \frac{(29.632 \frac{\text{km}}{\text{h}})^2}{2 \cdot 4.8 \frac{\text{km}}{\text{h}^2}} = 91.46 \text{ km} \simeq \underline{\underline{91 \text{ km}}}$$