

# Musterprüfung

Es soll stets gelten  $g = 10 \text{ m/s}^2$  und die Dichte von Wasser sei  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

1. Mit welcher maximalen Geschwindigkeit kann ein tonnenschwerer Felsbrocken im Tal in einen Kuhstall donnern, nachdem er in einer um  $45 \text{ m}$  erhöhten Lage abgebrochen und den Berg hinunter gerollt ist?
2. Ein  $393 \text{ kg}$  schwerer Anker verdrängt  $50 \text{ Liter}$  Wasser. Wie viel Arbeit muss verrichtet werden, um den Schwerpunkt des Ankers im Wasser um  $4 \text{ m}$  anzuheben?
3. Ein  $28 \text{ t}$  schwerer Lastwagen fährt auf einer horizontalen Strecke mit einer Geschwindigkeit von  $108 \text{ km/h}$ . Welche konstante Bremskraft ist erforderlich, um das Fahrzeug bei einer Schnellbremsung auf einer Strecke von  $56 \text{ m}$  bis zum Stillstand abzubremesen?
4. Beim Rangieren trifft ein  $15 \text{ t}$  schwerer Güterwagen mit einer Geschwindigkeit von  $1.6 \text{ m/s}$  auf einen Prellbock. Beim Aufprall werden vier gleiche Puffer zusammengestaucht, zwei am Güterwagen und zwei am Prellbock. Wie gross ist die Federkonstante der Puffer, wenn beim Aufprall jeder Puffer um max.  $4 \text{ cm}$  zusammen gestaucht wird?
5. Einem  $7 \text{ kg}$  schwerer Körper auf einer horizontalen Ebene wird ein Schlag versetzt so, dass er mit einer Anfangsgeschwindigkeit von  $4 \text{ m/s}$  gleitet.
  - a) Mit welcher Gleitreibungskraft wird der Körper abgebremst, wenn er eine Strecke von  $250 \text{ cm}$  zurücklegt bis er still steht?
  - b) Wie gross ist der Gleitreibungskoeffizient zwischen Körper und horizontaler Ebene?
6. Durch eine seitliche Kraft  $F$  von  $44 \text{ N}$  wird einanfänglich ruhender,  $4 \text{ kg}$  schwerer Körper auf einer horizontalen Unterlage auf einer Strecke von  $250 \text{ cm}$  auf eine Geschwindigkeit von  $7 \text{ m/s}$  beschleunigt.
  - a) Welche Arbeit hat die Kraft  $F$  verrichtet?
  - b) Welche Beschleunigungsarbeit wurde verrichtet?
  - c) Welche Reibungsarbeit wurde verrichtet?
  - d) Wie gross ist die Gleitreibungskraft?
  - e) Wie gross ist die Gleitreibungszahl?
7. Bei einem schiefen Wurf durchläuft der Körper den Scheitelpunkt  $S$  der Wurfparabel mit einer Momentangeschwindigkeit von  $3 \text{ m/s}$ . Wie gross war die Geschwindigkeit des Körpers beim Abwurf, wenn der Scheitelpunkt  $S$  um  $2 \text{ m}$  höher liegt als die Abwurfstelle?
8. Bei einer idealen Atwoodschen Fallmaschine (massen- und reibungslose Walze; massenloses sehr flexibles Seil) ist eine Masse doppelt so gross wie die andere. Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich die Körper nachdem sie losgelassen wurden und je einen Weg von  $60 \text{ cm}$  zurückgelegt haben?
9. Ein  $9 \text{ kg}$  schwerer Holzklotz wird auf eine schiefe Ebene mit einem Neigungswinkel von  $30^\circ$  gelegt. Nachdem der Klotz eine Schrägdistanz von  $60 \text{ cm}$  zu-

- rückgelegt hat, gleitet er mit einer Momentangeschwindigkeit von  $2 \text{ m/s}$ . Durch welche Gleitreibungskraft wurde der Körper abgebremst?
10. Bei einem Flusskraftwerk mit einem Gefälle von  $250 \text{ cm}$  fließen pro Minute  $90 \text{ m}^3$  Wasser durch die Turbinen.
    - a) Welche maximale Nutzleistung ergibt sich aus dem Gefälle und dem Durchfluss?
    - b) Wie gross ist der Wirkungsgrad, bezogen auf die im Teil (a) berechnete maximale Nutzleistung höchstens, wenn das Wasser mit einer mittleren Geschwindigkeit von  $3 \text{ m/s}$  aus den Turbinenschächten strömt?
  11. Welche Nutzleistung erbringt der Motor eines  $28 \text{ t}$  schweren Lastwagens, wenn er mit einer Geschwindigkeit von  $54 \text{ km/h}$  eine Bergstrasse mit einer Steigung von  $11\%$  hoch steigt?
  12. Ein Fahrzeug mit einem Benzinmotor benötigt pro  $100 \text{ km}$  im Mittel elf Liter Benzin. In jedem Liter Benzin stecken  $32 \text{ MJ}$  chemische Energie, welche der Motor mit einem Wirkungsgrad von  $24\%$  in mechanische Energie verwandelt.
    - a) Welchen Fahrwiderstand (Kraft  $F$ ) muss das Fahrzeug überwinden?
    - b) Welche Nutzleistung ergibt sich bei obigem Benzinverbrauch bei einer Geschwindigkeit von  $100 \text{ km/h}$ ?
  13. Wie gross ist der lineare Impuls eines  $50 \text{ kg}$  schweren Körpers, der sich auf einer Kreisbahn mit  $30 \text{ m}$  Durchmesser mit einer Winkelgeschwindigkeit von  $1.57 \text{ s}^{-1}$  bewegt?
  14. Wie lange muss eine Bremskraft von  $140 \text{ kN}$  wirken, um einen  $28 \text{ t}$  schweren Lastwagen von einer Geschwindigkeit von  $108 \text{ km/h}$  bis zum Stillstand abzubremsen und wie lang ist der Bremsweg?
  15. Ein  $5 \text{ kg}$  schwerer Lehmklumpen bewegt sich mit einer Geschwindigkeit  $v_1$  von  $3 \text{ m/s}$ . Ein  $6 \text{ kg}$  schwerer Lehmklumpen bewegt sich in Gegenrichtung mit einer Geschwindigkeit  $v_2$ . Es kommt zu einem zentralen vollkommen unelastischen Stoss, d.h. die beiden Lehmklumpen bleiben nach dem Stoss zusammen. Wie gross ist  $v_2$ , wenn sich die beiden Lehmklumpen nach dem Stoss nicht mehr bewegen?
  16. Eine  $9 \text{ g}$  schwere Pistolenkugel trifft mit einer Geschwindigkeit von  $500 \text{ m/s}$  auf einen  $450 \text{ g}$  schweren ruhenden Holzklötz und durchbohrt ihn. Wie schnell bewegt sich der durchbohrte Holzklötz, wenn die Kugel mit einer Geschwindigkeit von  $150 \text{ m/s}$  weiterfliegt?
  17. Wie viele Liter Wasser kann eine elektrische Pumpe mit  $750 \text{ W}$  zugeführter elektrischer Leistung pro Minute um  $250 \text{ cm}$  anheben, wenn ihr Wirkungsgrad  $0.34$  beträgt?
  18. Ein  $4 \text{ kg}$  schwerer Lehmklumpen trifft mit einer Geschwindigkeit von  $4.2 \text{ m/s}$  auf einen ruhenden Lehmklumpen mit Masse  $m_2$ . Wie gross ist  $m_2$ , wenn die beiden Lehmklumpen nach dem Zusammenstoss aneinander haften und sich gemeinsam mit einer Geschwindigkeit von  $2.4 \text{ m/s}$  bewegen?

19. Zwischen zwei ruhende Körper mit Masse  $m_1$  und  $m_2$  von 3 kg, resp. 2 kg wird eine Sprengladung angebracht. Beim Zünden der Sprengladung werden die Körper in Gegenrichtung beschleunigt. Wie schnell bewegen sich die beiden Körper nach der Explosion, wenn die Sprengladung an den Körpern Beschleunigungsarbeit von zusammen 1.5 kJ verrichtet hat?
20. Ein 700 kg schwerer Kleinwagen und ein 6800 kg schwerer Lastwagen treffen in einer Frontalkollision aufeinander. Bei der Kollision verkeilen sich die Fahrzeuge ineinander. Wie schnell und in welche Richtung bewegen sich die verkeilten Fahrzeuge nach der Kollision gemeinsam, wenn der Kleinwagen mit 75 km/h und der Lastwagen mit 24 km/h fahren?
21. Eine Pistolenkugel trifft auf einen hundert Mal schwereren ruhenden Holzklötzchen und bleibt in ihm stecken. Wie viel Prozent der Bewegungsenergie bleibt dann noch übrig?
22. Der Drehwinkel eines Zeigers nimmt pro Minute um  $11^\circ$  zu. Wie gross ist die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ ?
23. Licht bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 300'000 km/s. Wie gross sind Drehfrequenz und Winkelgeschwindigkeit von Photonen (Lichtteilchen) in einem Ringlaser mit 12 cm Durchmesser?
24. Ein entlaufener 65 kg schwerer Sklave steigt auf das quaderförmige Floss mit einer Grundfläche von  $13 \text{ m}^2$  von Huckleberry Finn. Um wie viele Millimeter wird dadurch Huckleberrys Floss tiefer in die Fluten des Mississippi gedrückt?
25. Herr und Frau Ludwig spazieren bei Mondschein dem See entlang. Da sagt Herr Ludwig zu seiner Frau „ich habe  $x$  kg zugenommen, denn ich spüre deutlich, dass ich vom  $7.4 \cdot 10^{22}$  kg schweren,  $3.8 \cdot 10^8$  m entfernten Mond um  $103 \mu\text{N}$  stärker angezogen werde als zuvor“. Wie gross ist  $x$ ?

## Musterlösungen:

- $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} \text{ m/s} = 30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$
- $\Delta W = (\text{gewonnene Lageenergie des Ankers}) - (\text{verlorene Lageenergie des Wassers}) = (m - \rho_w \cdot V_w) gh = (393 - 0.05 \cdot 1000) \cdot 10 \cdot 4 \text{ J} = 13.7 \text{ kJ}$
- $\Delta W = E_{\text{kin}} \rightarrow F \cdot s = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow F = m v^2 / (2s) = [28'000 \cdot (108/3.6)^2 / (2 \cdot 56)] \text{ N} = 225 \text{ kN}$
- $4 E_{\text{Feder}} = E_{\text{kin}} \rightarrow 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot D x^2 = \frac{1}{2} \cdot m v^2 \rightarrow D = m v^2 / (4 x^2) = m (v / (2x))^2 = [15'000 (1.6 / (2 \cdot 0.04))^2] \text{ N/m} = 6 \text{ MN/m}$
- $F = m v^2 / (2s) = [7 \cdot 4^2 / (2 \cdot 2.5)] \text{ N} = 22.4 \text{ N}$
  - $\mu_G = v^2 / (2sg) = 4^2 / (2 \cdot 2.5 \cdot 10) = 0.32$
- $\Delta W = F \cdot \Delta s = 44 \cdot 2.5 \text{ J} = 110 \text{ J}$
  - $\Delta W_{\text{kin}} = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 7^2 \text{ J} = 98 \text{ J}$
  - $\Delta W_R = \Delta W - E_{\text{kin}} = (110 - 98) \text{ J} = 12 \text{ J}$
  - $F_{\text{GR}} \cdot \Delta s = \Delta W_R \rightarrow F_{\text{GR}} = \Delta W_R / \Delta s = (12 / 2.5) \text{ N} = 4.8 \text{ N}$
  - $m_G = F_{\text{GR}} / F_G = F_{\text{GR}} / (m \cdot g) = (4.8 / (10 \cdot 4)) = 0.12$
- $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v^2 + mgh \rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 + 2gh} = \sqrt{3^2 + 2 \cdot 10 \cdot 2} \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$
- $\frac{1}{2} (2m) v^2 + \frac{1}{2} m v^2 = (2m) gh - mgh \rightarrow (3/2) v^2 = gh \rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{3} gh} = \sqrt{\frac{2}{3} 10 \cdot 0.6} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$
- Höhendifferenz =  $\Delta h = \Delta s \cdot \sin \alpha = \Delta s \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \Delta s \rightarrow mg \Delta h = \frac{1}{2} mg \Delta s = \frac{1}{2} m v^2 + F_{\text{GR}} \cdot \Delta s \rightarrow F_{\text{GR}} = \frac{1}{2} m [g \Delta s - v^2] / \Delta s = \frac{1}{2} \cdot 9 [10 \cdot 0.6 - 2^2] \text{ N} / 0.6 = 15 \text{ N}$
- $P_{\text{max}} = \rho_w gh \Delta V_w / \Delta t = [1000 \cdot 10 \cdot 2.5 \cdot 90 / 60] \text{ W} = 37.5 \text{ kW}$
  - $\eta_{\text{max}} = [(P_{\text{max}} - (\frac{1}{2} (\rho_w \Delta V_w / \Delta t) v^2)) / P_{\text{max}}] \cdot 100\% = [(37'500 - \frac{1}{2} (1000 \cdot 90 / 60) 3^2) / 37'500] \cdot 100\% = 82\%$
- Neigungswinkel =  $\alpha = \arctan 0.11 = 6.277^\circ \rightarrow P = mg \Delta h / \Delta t = mg \Delta s \cdot \sin \alpha / \Delta t = mg \sin \alpha (\Delta s / \Delta t) = mg v \sin \alpha = [28'000 \cdot 10 \cdot (54 / 3.6) \sin 6.277^\circ] \text{ N} = 0.46 \text{ MW}$
- $\Delta E_{\text{Nutz}} = 0.24 \cdot 11 \cdot 32 \text{ MJ} = 84.48 \text{ MJ} = F \cdot \Delta s \rightarrow F = \Delta E_{\text{Nutz}} / \Delta s = [84.48 \cdot 10^6 / 100'000] \text{ N} = 845 \text{ N}$
  - $P = \Delta E_{\text{Nutz}} / \Delta t = [84.48 \cdot 10^6 / 3600] \text{ W} = 23.5 \text{ kW}$
- $mv = m \omega r = 50 \cdot 1.57 \cdot 15 \text{ N} \cdot \text{s} = 1.18 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{s}$
- $\Delta t = mv / F = [(28'000 \cdot (108 / 3.6)) / 140'000] \text{ s} = 6 \text{ s}, s = v_0 \cdot \Delta t / 2 = (30 \cdot 6 / 2) \text{ m} = 90 \text{ m}$

15.  $m_1 v_1 = m_2 v_2 \rightarrow v_2 = m_1 v_1 / m_2 = [5 \cdot 3 / 6] \text{ m/s} = 2.5 \text{ m/s}$
16.  $m_1 v_1 + 0 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \rightarrow v_2' = (m_1 / m_2) (v_1 - v_1') = (9 / 450) (500 - 150) \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$
17.  $P_{\text{Nutz}} = \eta \cdot P_{\text{Zu}} = \rho \Delta V g h / (\Delta t) \rightarrow \Delta V = \eta \cdot P_{\text{Zu}} \cdot \Delta t / (\rho g h) = [0.34 \cdot 750 \cdot 60 / (1000 \cdot 10 \cdot 2.5)] \text{ m}^3 = 612 \text{ Liter}$
18.  $m_1 v_1 + 0 = (m_1 + m_2) v' \rightarrow m_2 = m_1 ((v_1 / v') - 1) = 4 ((4.2 / 2.4) - 1) \text{ kg} = 3 \text{ kg}$
19.  $m_1 v_1 = m_2 v_2 \rightarrow v_2 = (m_1 / m_2) v_1$ ;  $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = (m_1 / 2) [1 + m_1 / m_2] v_1^2 = 1.5 \text{ kJ} \rightarrow v_1 = \sqrt{3 \text{ kJ} / [m_1 (1 + m_1 / m_2)]} = \sqrt{3000 / [3 (1 + 3 / 2)]} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = (m_1 / m_2) v_1 = (3 / 2) 20 \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$
20.  $m_2 v_2 - m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v' \rightarrow v' = (m_2 v_2 - m_1 v_1) / (m_1 + m_2) = [(6800 \cdot (24 / 3.6) - 700 \cdot (75 / 3.6)) / (700 + 6800)] \text{ m/s} = 4.1 \text{ m/s} = 14.5 \text{ km/h}$  in die ursprüngliche Bewegungsrichtung des Lastwagens!
21.  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v' \rightarrow v' = m_1 v_1 / (m_1 + m_2) \rightarrow x \cdot \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) (v')^2 = \frac{1}{2} (m_1^2 / (m_1 + m_2)) v_1^2 \rightarrow x = m_1 / (m_1 + m_2) = m_1 / (m_1 + 100 m_1) = 1 / 101 = 0.0099 \rightarrow 0.99\%$  der Bewegungsenergie bleiben übrig!
22.  $\omega = \Delta \varphi / \Delta t = (11^\circ / 180^\circ) \pi / (60 \text{ s}) = 3.2 \cdot 10^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$
23.  $\omega = v / r = (3 \cdot 10^8 / 0.06) \text{ s}^{-1} = 5 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$ ;  $f = \omega / (2\pi) = 796 \text{ MHz}$
24.  $\Delta V = m / \rho_w = (65 / 1000) \text{ m}^3 = A h \rightarrow h = \Delta V / A = (0.065 / 13) \text{ m} = 5 \text{ mm}$
25. Gravitationsgesetz:  $m = F \cdot r^2 / (G \cdot m_M) = 103 \cdot 10^{-6} \cdot (3.8 \cdot 10^8)^2 \text{ kg} / (6.673 \cdot 10^{-11} \cdot 7.4 \cdot 10^{22}) = 3.01 \text{ kg} \rightarrow x = 3.01$