

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 006 zum Fachabitur
zum Erwerb der Fachhochschulreife
an Fachoberschulen und Berufsoberschulen

Physik

Ausbildungsrichtung Technik

Notenschlüssel:	Note	Punkte	Bewertungseinheiten	
			von	bis
	+	15	100	96
	1	14	95	91
	–	13	90	86
	+	12	85	81
	2	11	80	76
	–	10	75	71
	+	9	70	66
	3	8	65	61
	–	7	60	56
	+	6	55	51
	4	5	50	46
	–	4	45	41
	+	3	40	34
	5	2	33	27
	–	1	26	20
	6	0	19	0

Ergibt die Gesamtsumme der Bewertungseinheiten n,5, so wird einmalig aufgerundet.

BE

- 3 1.1 Senkrecht: freier Fall aus der Höhe h :

$$h = \frac{1}{2} g t_W^2 \Rightarrow t_W = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,40 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 0,29 \text{ s} \quad (2 \text{ BE})$$

Waagrecht gleichförmig: $x_W = v_0 t_W = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} = 7,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,40 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 2,0 \text{ m}$ (kleiner als L : Der Ball trifft die Platte.) (1 BE)

- 3 1.2 y -Koordinate der Auftreffgeschwindigkeit (nach unten):

$$v_{e,y} = g t_W = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh} \approx 2,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE})$$

$$v_e = \sqrt{v_0^2 + v_{e,y}^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{\left(7,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + 2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,40 \text{ m}} \approx 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE})$$

$$\tan \alpha = \frac{v_{e,y}}{v_0} = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0} = \frac{\sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,40 \text{ m}}}{7,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \Rightarrow \alpha \approx 22^\circ \quad (1 \text{ BE})$$

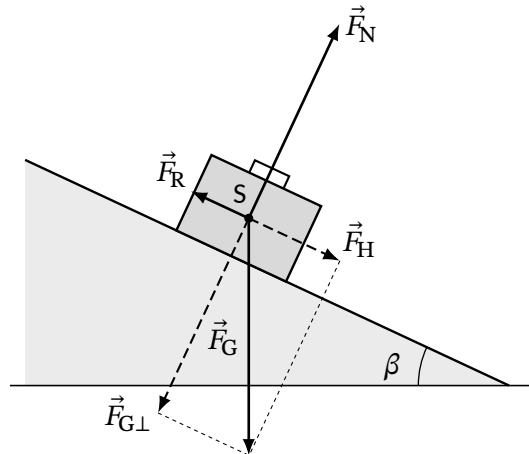
Korrekturhinweis: Wer mit dem gerundeten Zwischenwert $t_W = 0,29 \text{ s}$ weiterrechnet, erhält dieselben gerundeten Ergebnisse.

- 2 1.3 Die Flugzeit $t_W = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ hängt nur von der Fallhöhe h ab, nicht von v_0 : Sie bleibt $0,29 \text{ s}$.

Der erste Teil der Aussage ist falsch. (1 BE)

Die Wurfweite verdoppelt sich: $x'_W = 2 v_0 t_W = 2 x_W \approx 4,0 \text{ m} > L = 2,74 \text{ m}$. Der Ball landet hinter der Platte; auch der zweite Teil ist falsch. (1 BE)

- 3 2.1 (G) Kräfteplan im Schwerpunkt S (qualitativ):



Gewichtskraft $\vec{F}_G$ senkrecht nach unten, Normalkraft $\vec{F}_N$ der Rutsche senkrecht zur Rutsche, Reibungskraft $\vec{F}_R$ rutschaufwärts, alle im Schwerpunkt S (2 BE)

Zerlegung von $\vec{F}_G$ in die Hangabtriebskraft $\vec{F}_H$ (parallel zur Rutsche) und $\vec{F}_{G\perp}$ (senkrecht zur Rutsche) (1 BE)

Korrekturhinweis: Andere übliche Bezeichnungen der Komponenten sind gleichwertig. Pfeillängen qualitativ: $F_{G\perp} = F_N < F_G$, $F_R < F_H$.

- 3 2.2 Senkrecht zur Rutsche heben sich $\vec{F}_{G\perp}$ und $\vec{F}_N$ auf. Kraftansatz längs der Rutsche (rutschabwärts positiv): $m a = F_H - F_R$ mit $F_H = m g \sin \beta \approx 83 \text{ N}$ (1 BE)
 $\Rightarrow a = g \sin \beta - \frac{F_R}{m} \quad (1 \text{ BE}) = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin 25^\circ - \frac{50 \text{ N}}{20 \text{ kg}} \approx 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (1 \text{ BE})$

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 2 **2.3** Gleichmäßig beschleunigt aus der Ruhe:

$$v_1^2 = 2 a s \Rightarrow v_1 = \sqrt{2 a s} = \sqrt{2 s \left(g \sin \beta - \frac{F_R}{m} \right)} \quad (1 \text{ BE})$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 4,0 \text{ m} \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin 25^\circ - \frac{50 \text{ N}}{20 \text{ kg}} \right)} \approx 3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE})$$

Korrekturhinweis: Mit dem möglichen Ergebnis $a = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ergibt sich ebenfalls $3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

- 2 **3.1** $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{30 \text{ s}} \approx 0,21 \frac{1}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE}); \quad v = \omega r = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 15 \text{ m}}{30 \text{ s}} \approx 3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE})$

- 4 **3.2** In beiden Punkten wirken die Gewichtskraft $\vec{F}_G$ (nach unten) und die Kraft des Sitzes (nach oben); ihre Resultierende ist die Zentripetalkraft zum Mittelpunkt mit

$$F_Z = m \frac{v^2}{r} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2} \approx 39 \text{ N}; \quad F_G = m g \approx 0,59 \text{ kN} \quad (1 \text{ BE})$$

$$\text{Höchster Punkt (Mittelpunkt unten): } F_G - F_0 = F_Z \Rightarrow F_0 = m \left(g - \frac{4\pi^2 r}{T^2} \right) \quad (1 \text{ BE})$$

$$F_0 = 60 \text{ kg} \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - \frac{4\pi^2 \cdot 15 \text{ m}}{(30 \text{ s})^2} \right) \approx 0,55 \text{ kN} \quad (1 \text{ BE})$$

$$\text{Tiefster Punkt (Mittelpunkt oben): } F_u - F_G = F_Z \Rightarrow F_u = m \left(g + \frac{4\pi^2 r}{T^2} \right) \approx 0,63 \text{ kN} \quad (1 \text{ BE})$$

Korrekturhinweis: Mit dem möglichen Ergebnis $v = 3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ergeben sich dieselben gerundeten Werte.

- 2 **3.3** Keine Kraft vom Sitz: Die Gewichtskraft allein ist die Zentripetalkraft:

$$m g = m \frac{4\pi^2 r}{T_0^2} \quad (1 \text{ BE})$$

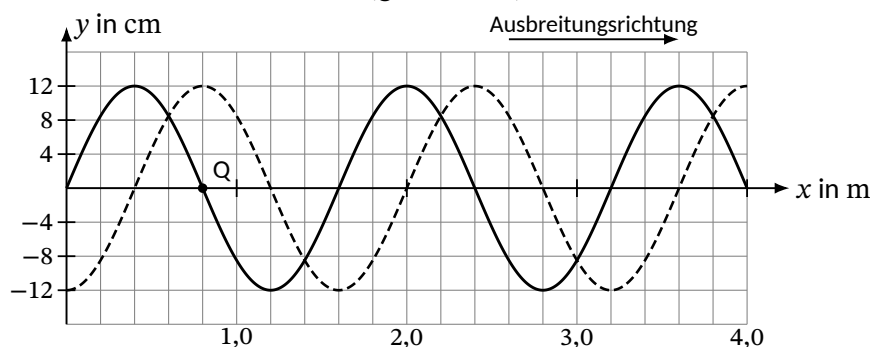
$$\Rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{15 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 7,8 \text{ s} \quad (1 \text{ BE})$$

- 3 **4.1** Abstand zweier benachbarter Wellenberge (z. B. bei $x = 0,4 \text{ m}$ und $x = 2,0 \text{ m}$):

$$\lambda = 1,6 \text{ m} \quad (1 \text{ BE})$$

$$\text{Amplitude } \hat{y} = 12 \text{ cm} \quad (1 \text{ BE}); \quad c = \lambda f = 1,6 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ Hz} = 3,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE})$$

- 2 **4.2** (G) $\Delta x = c \Delta t = \lambda f \Delta t = 1,6 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ Hz} \cdot 0,125 \text{ s} = 0,40 \text{ m} = \frac{\lambda}{4}$ (1 BE); das Momentbild ist um $0,40 \text{ m}$ nach rechts verschoben (gestrichelt): (1 BE)



Fortsetzung siehe nächste Seite

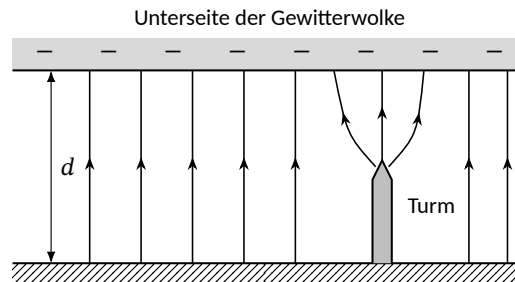
BE

- 2 **4.3** Die Welle läuft nach rechts; Q übernimmt als Nächstes die Auslenkung der links benachbarten Stellen, dort liegt ein Wellenberg. (1 BE)

Q bewegt sich im dargestellten Augenblick nach oben (+y-Richtung, mit größtem Geschwindigkeitsbetrag). (1 BE)

Korrekturhinweis: Ebenso richtig: Begründung mit dem Momentbild aus 4.2 (Q liegt dann auf dem Wellenberg).

- 2 **5.1 (G)**



Feldlinien senkrecht auf Wolke und Boden, gleichmäßig verteilt (homogen) (1 BE); am Turm enden sie verdichtet auf der Spitze (dort ist das Feld besonders stark und nicht homogen); Richtung vom positiv geladenen Boden zur negativ geladenen Wolke. (1 BE)

- 2 **5.2** $E = \frac{U}{d} = \frac{75 \cdot 10^6 \text{ V}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ m}} = 5,0 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ (2 BE)

- 3 **6.1** Beim Schließen des Schalters steigt die Stromstärke in der Spule an; das Magnetfeld im Eisenkern und damit der magnetische Fluss durch den Ring nehmen zu. (1 BE)

Im Ring wird eine Spannung induziert; da der Ring eine geschlossene Leiterschleife ist, fließt ein Induktionsstrom. (1 BE)

Nach der Lenz'schen Regel ist das Magnetfeld des Ringstroms dem Feld der Spule entgegengerichtet (es wirkt der Zunahme des Flusses entgegen): Ring und Spule stoßen sich ab, der Ring springt nach oben. (1 BE)

- 2 **6.2** Der aufgeschnittene Ring bleibt liegen. (1 BE)

Zwar wird auch in ihm eine Spannung induziert, es kann aber kein Strom fließen (kein geschlossener Stromkreis); ohne Induktionsstrom gibt es kein Gegenfeld und keine abstoßende Kraft. (1 BE)

40

BE

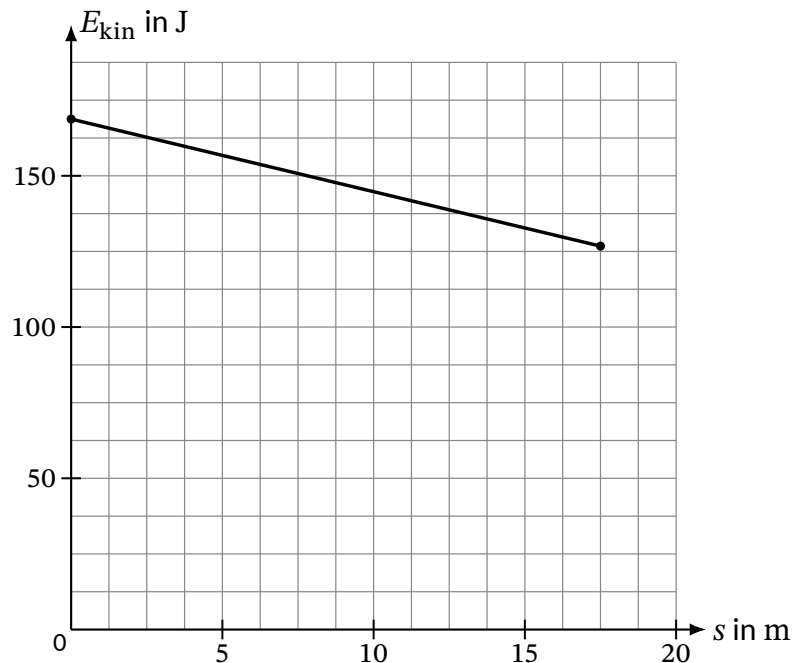
2 **1.1** $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,5 \text{ s}} = -0,40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; Betrag $0,40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (2 BE)

2 **1.2** Einzige Kraft längs der Bewegung ist die Reibungskraft:
 $F_R = m |a| = 6,0 \text{ kg} \cdot 0,40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2,4 \text{ N}$ (2 BE)

3 **1.3** Die Strecke ist die Maßzahl der Fläche unter dem Graphen im t - v -Diagramm (Trapez):
 $s_1 = \frac{v_0 + v_1}{2} \cdot t_1 = \frac{7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} \cdot 2,5 \text{ s} \quad (1 \text{ BE}) = 17,5 \text{ m} \quad (1 \text{ BE})$

2 **1.4** $E_{\text{kin},0} = \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 6,0 \text{ kg} \cdot (7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \approx 169 \text{ J} \quad (1 \text{ BE});$
 $E_{\text{kin},1} = \frac{1}{2} \cdot 6,0 \text{ kg} \cdot (6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \approx 127 \text{ J} \quad (1 \text{ BE})$

3 **1.5 (G)**



Fallende Gerade von 169 J bei $s = 0$ auf 127 J bei $s = 17,5 \text{ m}$ (1 BE)

Begründung: Die Reibungskraft ist konstant; die Abnahme der kinetischen Energie ist gleich der Reibungsarbeit $F_R \cdot s$, also proportional zum Weg (1 BE)

$(F_R s_1 = 2,4 \text{ N} \cdot 17,5 \text{ m} = 42 \text{ J} = E_{\text{kin},0} - E_{\text{kin},1}).$ (1 BE)

BE

- 3 **1.6** Abschätzung mit konstanter Beschleunigung (ab dem Aufsetzen):

$$s_{\text{St}} = \frac{v_0^2}{2|a|} = \frac{(7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0,40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 70 \text{ m (nach etwa 19 s)} \quad (1 \text{ BE})$$

Das ist ein Vielfaches der gemessenen Strecke von rund 18 m: Das Modell der konstanten Beschleunigung ist nur im Messbereich überprüft. (1 BE)

Ob die Reibung bei kleineren Geschwindigkeiten und auf anderen Bahnabschnitten (z. B. unterschiedlich geölte Bereiche) gleich bleibt, ist nicht bekannt – die Abschätzung ist daher nur eine grobe Größenordnung, das Modell für diese Frage nur bedingt geeignet. (1 BE)

Korrekturhinweis: Volle BE für Rechnung, Vergleich mit dem Messbereich und eine begründete Grenze des Modells – sowohl das Urteil „geeignet als Abschätzung“ als auch „ungeeignet“ ist bei schlüssiger Begründung richtig.

BE

- 3 2.1 Impulserhaltung (Pin ruht vorher): $m_K v_K = m_K v'_K + m_P v_P$ (1 BE)

$$v_P = \frac{m_K (v_K - v'_K)}{m_P} \quad (1 \text{ BE}) = \frac{6,0 \text{ kg} \cdot (6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{1,5 \text{ kg}} = 9,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE})$$

- 3 2.2 Vorher: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_K v_K^2 = \frac{1}{2} \cdot 6,0 \text{ kg} \cdot (6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \approx 127 \text{ J}$ (1 BE)

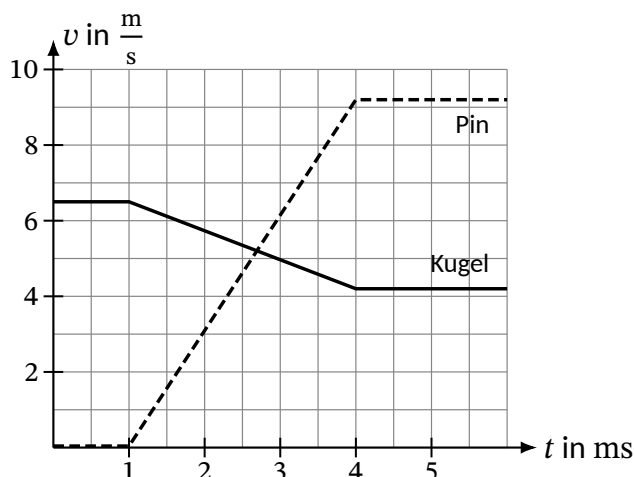
$$\text{Nachher: } E'_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_K v'^2_K + \frac{1}{2} m_P v_P^2 \\ = \frac{1}{2} \cdot 6,0 \text{ kg} \cdot (4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + \frac{1}{2} \cdot 1,5 \text{ kg} \cdot (9,2 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \approx 116 \text{ J} \quad (1 \text{ BE})$$

Die kinetische Energie nimmt um etwa 10 J (etwa 8 %) ab: kein vollkommen elastischer Stoß; ein Teil wird in innere Energie (Verformung) und Schall umgewandelt. (1 BE)

- 2 2.3 $\Delta p_P = m_P v_P = 1,5 \text{ kg} \cdot 9,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 13,8 \text{ N s}$ (1 BE); $\bar{F} = \frac{\Delta p_P}{\Delta t} = \frac{13,8 \text{ N s}}{3,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 4,6 \text{ kN}$ (1 BE)

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Während des Stoßes ist die Kraft der Kugel auf den Pin genauso groß wie die Kraft des Pins auf die Kugel. (Wechselwirkungsprinzip)	x		
2.4 Weil die Kugel schwerer ist, erfährt sie beim Stoß eine größere Impulsänderung als der Pin. (gleich groß)		x	
Der Gesamtimpuls von Kugel und Pin ist unmittelbar nach dem Stoß genauso groß wie unmittelbar davor.	x		
Der Pin fällt nach dem Stoß um.			x

- 3 2.5 (G)



Kugel: Abnahme von $6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ auf $4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, Pin: Zunahme von 0 auf $9,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, beide linear während derselben Stoßdauer 3,0 ms, davor und danach waagrecht (2 BE)

Begründung: Beide Körper erfahren nach dem Wechselwirkungsprinzip gleich große Kräfte; der Betrag der Steigung ($a = \frac{F}{m}$) ist beim Pin wegen $m_K = 4 m_P$ viermal so groß wie bei der Kugel ($2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ gegenüber $9,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). (1 BE)

30

BE

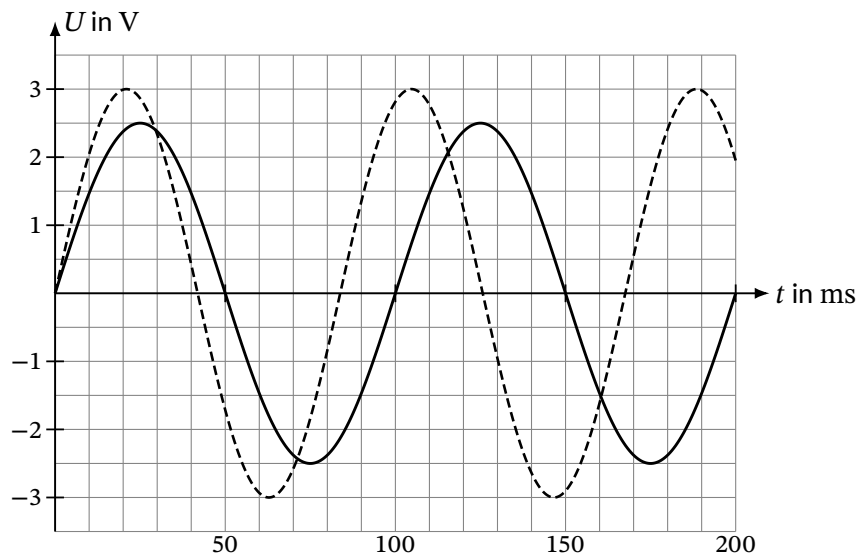
2 1.1 $\omega = \frac{v}{r} = \frac{1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,020 \text{ m}} = 75 \frac{1}{\text{s}}$ (1 BE); $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi r} \approx 12 \text{ Hz}$ (1 BE)

4 1.2 Drehwinkel $\varphi = \omega t$; bei $t = 0$ steht die Fläche senkrecht zu $\vec{B}$, der Fluss ist maximal:
 $\Phi(t) = B \cdot A \cdot \cos(\omega t)$ (1 BE)
 Induktionsgesetz: $U(t) = -N \cdot \dot{\Phi}(t)$ (1 BE)
 $\dot{\Phi}(t) = -B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$ (Kettenregel) (1 BE)
 $\Rightarrow U(t) = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$ (1 BE)

2 1.3 $\hat{U} = N B A \omega = 800 \cdot 0,25 \text{ T} \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 75 \frac{1}{\text{s}}$ (1 BE) = 3,0 V (1 BE)

3 1.4 Abgelesen: $T = 100 \text{ ms}$ (eine volle Periode) (1 BE)
 $\omega_1 = \frac{2\pi}{T} \approx 62,8 \frac{1}{\text{s}}$, $v_1 = \omega_1 r = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 0,020 \text{ m}}{0,100 \text{ s}} \approx 1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (1 BE)
 Modell: $\hat{U} = N B A \omega_1 = N B A \frac{2\pi}{T} = 800 \cdot 0,25 \text{ T} \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \frac{2\pi}{0,100 \text{ s}} \approx 2,5 \text{ V}$;
 abgelesen 2,5 V – der Scheitelwert passt zum Modell. (1 BE)

2 1.5 (G) Periodendauer $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{75 \frac{1}{\text{s}}} \approx 84 \text{ ms}$, Scheitelwert 3,0 V (gestrichelt): (1 BE)



Sinusförmig, im Ursprung beginnend wie die Messkurve. (1 BE)

2 1.6 Nach 1.2 ist $\hat{U} = N B A \omega$ proportional zur Winkelgeschwindigkeit: Dreht sich die Turbine z. B. halb so schnell, halbieren sich Frequenz und Scheitelwert. (1 BE)
 Die Aussage ist falsch: Die Spannung wird kleiner, nicht nur langsamer (vgl. 1.4: 2,5 V statt 3,0 V). (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

4	2.1 Die Ladung ist die Maßzahl der Fläche unter dem Graphen im t-I-Diagramm ($Q = I \cdot t$ für kleine Zeitabschnitte). (1 BE) Ein Kästchen entspricht $20 \text{ s} \cdot 0,5 \text{ mA} = 0,010 \text{ C}$; unter dem Graphen liegen etwa 30 Kästchen (Auszählen oder Näherung durch Dreiecke und Trapeze). (2 BE) $Q \approx 30 \cdot 0,010 \text{ C} = 0,30 \text{ C}$ (1 BE) <i>Korrekturhinweis: Werte zwischen 0,27 C und 0,33 C sind zu akzeptieren.</i>
2	2.2 $C = \frac{Q}{U_0} = \frac{0,30 \text{ C}}{3,0 \text{ V}} = 0,10 \text{ F}$ (2 BE)
2	2.3 $W_{\text{el}} = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,10 \text{ F} \cdot (3,0 \text{ V})^2 = 0,45 \text{ J}$ (2 BE)
4	2.4 Benötigte Ladung: $Q_b = I \cdot t = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 30 \text{ s} = 0,12 \text{ C}$ (1 BE) Nutzbar ist nur die Ladung, die beim Absinken der Spannung von 3,0 V auf 2,0 V abgegeben wird: $\Delta Q = C \cdot \Delta U = 0,10 \text{ F} \cdot 1,0 \text{ V} = 0,10 \text{ C}$ (1 BE) $0,10 \text{ C} < 0,12 \text{ C}$: Der Kondensator reicht nicht aus (nur etwa 25 s). (1 BE) Mindestkapazität: $C_{\text{min}} = \frac{Q_b}{\Delta U} = \frac{0,12 \text{ C}}{1,0 \text{ V}} = 0,12 \text{ F}$ (1 BE)
3	2.5 Gleiche Kapazität C wie in 2.2: $C = \epsilon_0 \frac{A_P}{d} \Rightarrow A_P = \frac{C d}{\epsilon_0} = \frac{0,10 \text{ F} \cdot 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}}{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A s V}^{-1} \text{ m}^{-1}} \approx 1,1 \cdot 10^6 \text{ m}^2 = 1,1 \text{ km}^2$ (1 BE) Die Platten müssten eine Fläche von über einem Quadratkilometer haben – in einem Duschkopf völlig unmöglich. (1 BE) Der Vorschlag ist unbrauchbar; Superkondensatoren erreichen große Kapazitäten auf kleinem Raum durch eine extrem große innere Oberfläche und sehr kleine Abstände der Ladungsschichten. (1 BE)

BE	
2	1.1 Böen im Abstand von 5,0 s regen das Gebäude mit seiner Eigenfrequenz $f = \frac{1}{T} = 0,20 \text{ Hz}$ an (Resonanz). (1 BE) Die Energie wird jeweils im passenden Moment zugeführt, sodass sich die Amplitude von Schwingung zu Schwingung vergrößert. (1 BE)
2	1.2 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} \Rightarrow D = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 4,0 \cdot 10^5 \text{ kg}}{(5,0 \text{ s})^2} \quad (1 \text{ BE}) \approx 6,3 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (1 \text{ BE})$
3	1.3 $T' = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{2}m}{D}} = \frac{T}{\sqrt{2}} \approx 3,5 \text{ s} \quad (1 \text{ BE})$ Die Eigenfrequenz des Tilgers stimmt nicht mehr mit der des Gebäudes überein; er wird kaum angeregt und verringert die Gebäudeschwingung nicht. (1 BE) Damit T gleich bleibt, muss $\frac{m}{D}$ gleich bleiben: Die Richtgröße muss halbiert werden ($D' \approx 3,2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, z. B. weichere oder weniger Federn). (1 BE)
2	1.4 $E = \frac{1}{2}D\hat{s}^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4\pi^2 m}{T^2} \hat{s}^2 = \frac{2\pi^2 m \hat{s}^2}{T^2} \quad (1 \text{ BE}) = \frac{2\pi^2 \cdot 4,0 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot (0,50 \text{ m})^2}{(5,0 \text{ s})^2} \approx 7,9 \cdot 10^4 \text{ J} \quad (1 \text{ BE})$ Korrekturhinweis: Mit dem möglichen Ergebnis $D = 6,3 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ergibt sich ebenfalls $7,9 \cdot 10^4 \text{ J}$.
2	1.5 Harmonische Schwingung: $v_{\max} = \omega \hat{s} = \frac{2\pi}{T} \hat{s} \quad (1 \text{ BE}) = \frac{2\pi}{5,0 \text{ s}} \cdot 0,50 \text{ m} \approx 0,63 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE})$ Korrekturhinweis: Ebenso richtig: Energieansatz $\frac{1}{2}m v_{\max}^2 = \frac{1}{2}D\hat{s}^2 \Rightarrow v_{\max} = \hat{s}\sqrt{\frac{D}{m}}$.
3	1.6 Das schwingende Gebäude regt über die Federn den Tilger zu Schwingungen an; der Tilger schwingt der Gebäudebewegung entgegen, seine Federkräfte bremsen das Gebäude. (1 BE) Schwingungsenergie des Gebäudes wird so auf den Tilger übertragen; die Dämpfer wandeln Bewegungsenergie des Tilgers in innere Energie um. (1 BE) Die Schwingungsenergie des Gebäudes nimmt ab, seine Amplitude wird kleiner. (1 BE)
3	2.1 Laufzeiten: $t_P = \frac{s}{c_P}, t_S = \frac{s}{c_S} \quad (1 \text{ BE})$ $\Delta t = t_S - t_P = s \left(\frac{1}{c_S} - \frac{1}{c_P} \right) = s \cdot \frac{c_P - c_S}{c_P \cdot c_S} \quad (1 \text{ BE})$ $\Rightarrow s = \Delta t \cdot \frac{c_P \cdot c_S}{c_P - c_S} \quad (1 \text{ BE})$
4	2.2 Einsatz der P-Welle bei $t \approx 10 \text{ s}$, der S-Welle (größerer Ausschlag) bei $t \approx 28 \text{ s} \quad (1 \text{ BE})$ $\Delta t \approx 18 \text{ s} \quad (1 \text{ BE})$ $s = 18 \text{ s} \cdot \frac{6,0 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{2,4 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 18 \text{ s} \cdot 9,0 \frac{\text{km}}{\text{s}} \approx 162 \text{ km} \quad (1 \text{ BE})$ Ablesegenauigkeit etwa $\pm 1 \text{ s}$ (Einsätze sind wegen der Bodenunruhe nicht scharf), also s auf etwa $\pm 9 \text{ km}$ genau. (1 BE)
2	2.3 $\lambda_S = \frac{c_S}{f_S} = \frac{3,6 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{1,2 \text{ Hz}} = 3,0 \text{ km} \quad (2 \text{ BE})$

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 3 **2.4** Der Boden schwingt mit etwa 1,2 Hz; die Eigenfrequenz des Hochhauses (0,20 Hz) liegt weit darunter, Resonanz ist kaum zu erwarten. (1 BE)
 Das Wohnhaus hat mit etwa 1 Hz eine Eigenfrequenz nahe der Anregungsfrequenz und kann in Resonanz geraten. (1 BE)
 Im Hinblick auf Resonanz ist die Befürchtung unbegründet – gefährdeter ist das Wohnhaus mit etwa zehn Stockwerken. (1 BE)

4 **2.5**

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Bei der P-Welle schwingen die Bodenteilchen in Ausbreitungsrichtung der Welle. (Längswelle)	x		
Bei gleicher Frequenz hat die S-Welle eine größere Wellenlänge als die P-Welle. ($\lambda = \frac{c}{f}$)		x	
Die Wellen transportieren Energie, aber keine Materie vom Herd zur Messstation.	x		
Die Frequenz der S-Welle ändert sich, wenn die Welle in eine Gesteinsschicht mit anderer Ausbreitungsgeschwindigkeit übergeht. (nur λ)		x	

30