

– Lösungshinweise –

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

Physik

Ausbildungsrichtung Technik

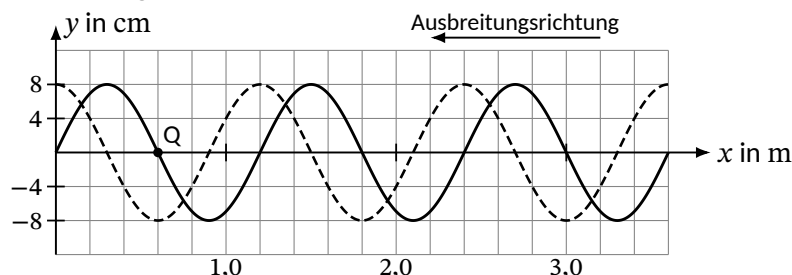
Notenschlüssel:	Note	Punkte	Bewertungseinheiten	
			von	bis
	+	15	100	96
	1	14	95	91
	–	13	90	86
	+	12	85	81
	2	11	80	76
	–	10	75	71
	+	9	70	66
	3	8	65	61
	–	7	60	56
	+	6	55	51
	4	5	50	46
	–	4	45	41
	+	3	40	34
	5	2	33	27
	–	1	26	20
	6	0	19	0

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

BE	
3	1.1 Senkrecht: freier Fall aus der Höhe h : $h = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,50 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} \approx 0,32 \text{ s} \quad (2 \text{ BE})$ Waagrecht: gleichförmig: $x = v_0 t = 1,6 \text{ m/s} \cdot 0,32 \text{ s} \approx 51 \text{ cm}$ (kleiner als L , das Wasser trifft das Becken) (1 BE)
3	1.2 $v_y = g t = 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,32 \text{ s} \approx 3,1 \text{ m/s} \quad (1 \text{ BE})$ $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{(1,6 \text{ m/s})^2 + (3,1 \text{ m/s})^2} \approx 3,5 \text{ m/s} \quad (1 \text{ BE})$ $\tan \varphi = \frac{v_y}{v_0} = \frac{3,1}{1,6} \Rightarrow \varphi \approx 63^\circ \text{ gegenüber der Wasseroberfläche} \quad (1 \text{ BE})$
2	1.3 Die Flugzeit hängt nur von der Fallhöhe h ab ($t = \sqrt{2h/g}$), nicht von v_0 : Sie bleibt 0,32 s. Der erste Teil der Aussage ist falsch. (1 BE) Die Weite verdoppelt sich auf 102 cm; das ist weniger als die Beckenlänge $L = 1,20 \text{ m}$: Das Wasser landet noch im Becken, der zweite Teil trifft zu. (1 BE)
3	2.1 Hangabtriebskraft: $F_H = m g \sin \alpha = 25 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 20^\circ \approx 84 \text{ N} \quad (1 \text{ BE})$ Kraftansatz längs der Rutsche (abwärts positiv): $m a = F_H - F_R \quad (1 \text{ BE})$ $a = \frac{84 \text{ N} - 40 \text{ N}}{25 \text{ kg}} \approx 1,8 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ BE})$
2	2.2 $v^2 = 2 a s$ (Start aus der Ruhe) (1 BE); $v = \sqrt{2 \cdot 1,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,5 \text{ m}} \approx 3,0 \text{ m/s} \quad (1 \text{ BE})$
2	3.1 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1,5 \text{ s}} \approx 4,2 \frac{1}{\text{s}} \quad (1 \text{ BE});$ $v = \omega r \approx 1,3 \text{ m/s} \quad (1 \text{ BE})$
4	3.2 Nötige Zentripetalkraft: $F_Z = m \omega^2 r = 0,80 \text{ kg} \cdot (4,2 \frac{1}{\text{s}})^2 \cdot 0,30 \text{ m} \approx 4,2 \text{ N} \quad (1 \text{ BE})$ Tiefster Punkt (Mittelpunkt oben): $F_{\text{Wand}} - F_G = F_Z$ $\Rightarrow F_{\text{Wand}} = m g + F_Z \approx 7,8 \text{ N} + 4,2 \text{ N} \approx 12 \text{ N} \quad (1 \text{ BE})$ Höchster Punkt: Schon die Gewichtskraft $F_G = m g \approx 7,8 \text{ N}$ ist größer als die nötige Zentripetalkraft. (1 BE) Die Wand müsste nach außen ziehen – das kann sie nicht: Das Handtuch löst sich von der Wand und fällt (so wird die Wäsche im Trockner umgewälzt). (1 BE)
2	3.3 Gerade noch anliegen: Die Gewichtskraft allein ist die Zentripetalkraft: $m g = m \omega^2 r \quad (1 \text{ BE})$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,30 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} \approx 1,1 \text{ s} \quad (1 \text{ BE})$
3	4.1 Abstand zweier benachbarter Wellenberge (z. B. bei $x = 0,3 \text{ m}$ und $x = 1,5 \text{ m}$): $\lambda = 1,2 \text{ m} \quad (1 \text{ BE})$ Amplitude $\hat{y} = 8 \text{ cm} \quad (1 \text{ BE});$ $c = \lambda f = 1,2 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ Hz} = 3,0 \text{ m/s} \quad (1 \text{ BE})$

BE

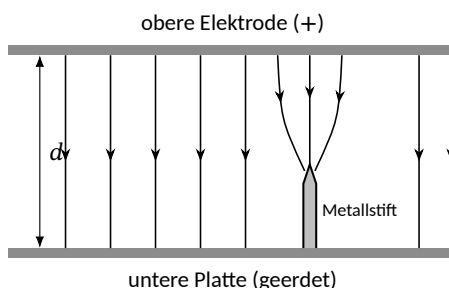
- 2 4.2 (G) $\Delta x = c \Delta t = 3,0 \text{ m/s} \cdot 0,10 \text{ s} = 0,30 \text{ m} = \frac{\lambda}{4}$ (1 BE); das Momentbild ist um 0,30 m nach links verschoben (gestrichelt): (1 BE)



- 2 4.3 Die Welle läuft nach links; Q übernimmt als Nächstes die Auslenkung der rechts benachbarten Stellen, dort liegt ein Wellental. (1 BE)
Q bewegt sich im dargestellten Augenblick nach unten ($-y$ -Richtung, mit größtem Geschwindigkeitsbetrag). (1 BE)

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

- 2 5.1 (G)



Feldlinien senkrecht zwischen den Elektroden, gleichmäßig verteilt (homogen) (1 BE);
am Stift enden sie verdichtet auf der Spitze (dort ist das Feld besonders stark und nicht homogen); Richtung von der positiven oberen Elektrode zur geerdeten Platte. (1 BE)

- 2 5.2 $E = \frac{U}{d} = \frac{60 \cdot 10^3 \text{ V}}{0,080 \text{ m}} = 7,5 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ (2 BE)

- 2 5.3 $W = q U = 2,0 \cdot 10^{-12} \text{ C} \cdot 60 \cdot 10^3 \text{ V} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ (2 BE)

- 4 6.1 Beim Annähern des Magneten wird das Magnetfeld am Ort des Rings stärker; der magnetische Fluss durch den Ring nimmt 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 so gerichtet, dass es der Zunahme des Flusses entgegenwirkt: Dem Nordpol des Magneten steht ein Nordpol des Rings gegenüber. (1 BE)

Ring und Magnet stoßen sich ab: Der Ring weicht zurück. (1 BE)

- 2 6.2 Der Ring folgt dem Magneten (er wird kurz mitgezogen). (1 BE)

Beim Wegziehen nimmt der Fluss ab; der Induktionsstrom fließt umgekehrt, sein Feld wirkt der Abnahme entgegen: Dem Nordpol des Magneten steht jetzt ein Südpol des Rings gegenüber, Ring und Magnet ziehen sich an. (1 BE)

40

BE

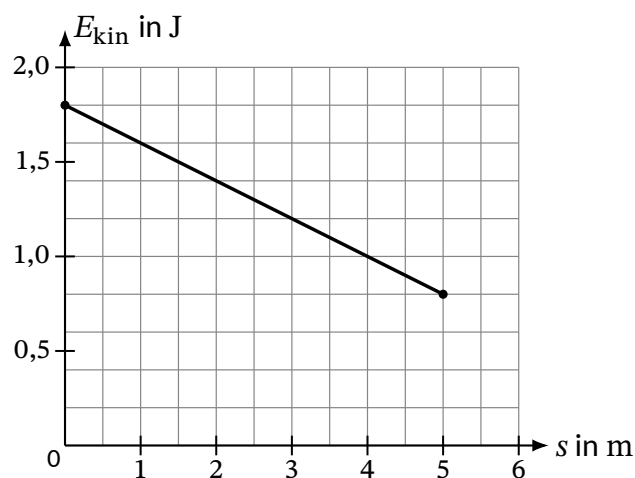
2 **1.1** $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2,0 \text{ m/s} - 3,0 \text{ m/s}}{2,0 \text{ s}} = -0,50 \text{ m/s}^2$; Betrag $0,50 \text{ m/s}^2$ (2 BE)

2 **1.2** Einzige Kraft längs der Bewegung ist die Reibungskraft:
 $F_R = m |a| = 0,40 \text{ kg} \cdot 0,50 \text{ m/s}^2 = 0,20 \text{ N}$ (2 BE)

3 **1.3** Die Strecke ist die Maßzahl der Fläche unter dem Graphen im t - v -Diagramm (Trapez):
 $s = \frac{v_0 + v_1}{2} \cdot t_1 = \frac{3,0 \text{ m/s} + 2,0 \text{ m/s}}{2} \cdot 2,0 \text{ s} \quad (1 \text{ BE}) = 5,0 \text{ m} \quad (1 \text{ BE})$

2 **1.4** $E_{\text{kin},0} = \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,40 \text{ kg} \cdot (3,0 \text{ m/s})^2 = 1,8 \text{ J} \quad (1 \text{ BE});$
 $E_{\text{kin},1} = \frac{1}{2} \cdot 0,40 \text{ kg} \cdot (2,0 \text{ m/s})^2 = 0,80 \text{ J} \quad (1 \text{ BE})$

3 **1.5 (G)**



Fallende Gerade von 1,8 J bei $s = 0$ auf 0,80 J bei $s = 5,0 \text{ m}$ (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)

($0,20 \text{ N} \cdot 5,0 \text{ m} = 1,0 \text{ J} = 1,8 \text{ J} - 0,80 \text{ J}$). (1 BE)

3 **1.6** Abschätzung mit konstanter Beschleunigung: $s_{\text{Stopp}} = \frac{v_0^2}{2|a|} = \frac{(3,0 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,50 \text{ m/s}^2} = 9,0 \text{ m}$ (nach 6,0 s) (1 BE)

Die Strecke ist größer als die gemessenen 5,0 m und auch als die Tischlänge von 6,7 m:

Der Puck würde – im Modell – über das Tischende hinausgleiten. (1 BE)

Das Modell ist nur im Messbereich überprüft; ob die Reibung bei kleiner Geschwindigkeit und auf dem übrigen Tisch gleich bleibt (z. B. ungleichmäßig verteiltes Gleitpulver), ist nicht bekannt – als grobe Abschätzung brauchbar, als genaue Vorhersage nur bedingt geeignet. (1 BE)

Korrekturhinweis: Volle BE für Rechnung, Vergleich mit Messbereich bzw. Tischlänge und eine begründete Grenze des Modells.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

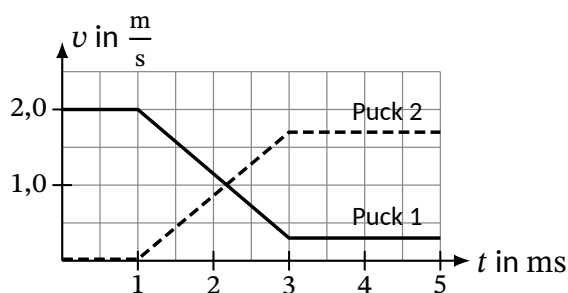
3 **2.1** Impulserhaltung (zweiter Puck ruht vorher): $m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2$ (1 BE)
 $v_2 = \frac{m_1 (v_1 - v_1')}{m_2}$ (1 BE) $= \frac{0,40 \text{ kg} \cdot (2,0 \text{ m/s} - 0,30 \text{ m/s})}{0,40 \text{ kg}} = 1,7 \text{ m/s}$ (1 BE)

3 **2.2** Vorher: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot 0,40 \text{ kg} \cdot (2,0 \text{ m/s})^2 = 0,80 \text{ J}$ (1 BE)
 Nachher: $\frac{1}{2} \cdot 0,40 \text{ kg} \cdot (0,30 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} \cdot 0,40 \text{ kg} \cdot (1,7 \text{ m/s})^2$
 $\approx 18 \text{ mJ} + 0,58 \text{ J} \approx 0,60 \text{ J}$ (1 BE)
 Die kinetische Energie nimmt um etwa 0,20 J ($\approx 25\%$) ab: kein vollkommen elastischer Stoß; ein Teil wird in innere Energie und Schall umgewandelt. (1 BE)

2 **2.3** $\Delta p_2 = m_2 v_2 = 0,40 \text{ kg} \cdot 1,7 \text{ m/s} = 0,68 \text{ N s}$ (1 BE);
 $\bar{F} = \frac{\Delta p_2}{\Delta t} = \frac{0,68 \text{ N s}}{2,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 0,34 \text{ kN}$ (1 BE)

4 **2.4**

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Während des Stoßes ist die Kraft des ersten Pucks auf den zweiten genauso groß wie die Kraft des zweiten auf den ersten. (Wechselwirkungsprinzip)	x		
Weil beide Pucks gleich schwer sind, ist der Stoß vollkommen elastisch. (vgl. 2.2)		x	
Der Gesamtimpuls beider Pucks ist unmittelbar nach dem Stoß genauso groß wie unmittelbar davor.	x		
Der zweite Puck bleibt nach dem Stoß auf dem Tisch liegen.			x

3 **2.5 (G)**

Puck 1: Abnahme von 2,0 m/s auf 0,30 m/s, Puck 2: Zunahme von 0 auf 1,7 m/s, beide linear während derselben Stoßdauer 2,0 ms, davor und danach waagrecht (2 BE)
 Begründung: Beide Pucks erfahren nach dem Wechselwirkungsprinzip gleich große Kräfte; wegen gleicher Massen sind die Beträge der Steigungen ($a = F/m$) gleich, die Graphen verlaufen spiegelbildlich (beide Änderungen 1,7 m/s). (1 BE)

30

BE

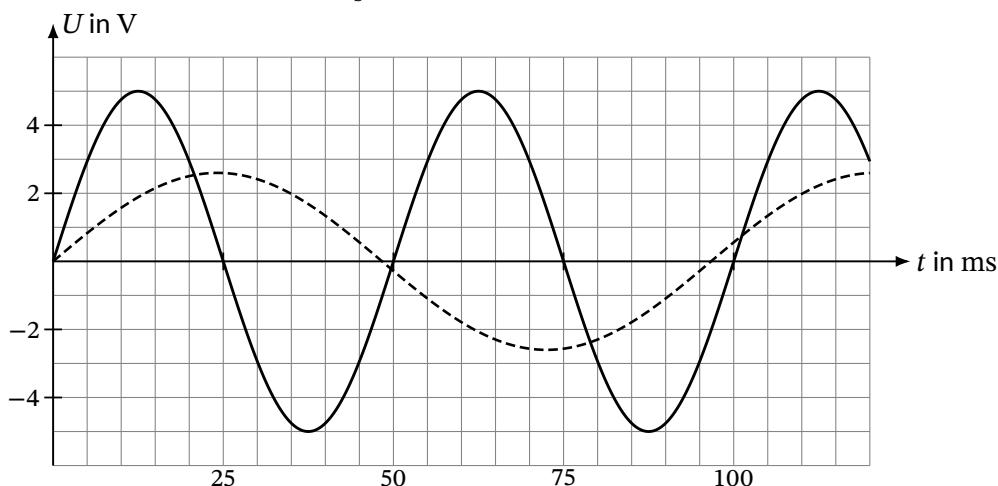
2 **1.1** $\omega = \frac{v}{r} = \frac{1,3 \text{ m/s}}{0,020 \text{ m}} = 65 \frac{1}{\text{s}}$ (1 BE); $f = \frac{\omega}{2\pi} \approx 10,3 \text{ Hz}$ (1 BE)

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** $\hat{U} = N B A \omega = 500 \cdot 0,40 \text{ T} \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 65 \frac{1}{\text{s}}$ (1 BE) = 2,6 V (1 BE)

3 **1.4** Abgelesen: $T = 50 \text{ ms}$ (eine volle Periode) (1 BE)
 $\omega = \frac{2\pi}{T} \approx 126 \frac{1}{\text{s}}$, $v = \omega r \approx 2,5 \text{ m/s}$ (1 BE)
 Modell: $\hat{U} = N B A \omega = 500 \cdot 0,40 \text{ T} \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 126 \frac{1}{\text{s}} \approx 5,0 \text{ V}$; abgelesen 5,0 V –
 der Scheitelwert passt zum Modell. (1 BE)

2 **1.5** (G) Periodendauer $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{65 \frac{1}{\text{s}}} \approx 97 \text{ ms}$, Scheitelwert 2,6 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, ebenso die Frequenz $f = \omega/(2\pi)$. (1 BE)
 Die Aussage trifft zu: Bei doppelter Drehgeschwindigkeit verdoppeln sich Scheitelwert und Frequenz (vgl. 1.4: fast doppelte Geschwindigkeit, fast doppelter Scheitelwert). (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE	
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 $20 \text{ s} \cdot 1 \text{ mA} = 0,020 \text{ C}$; unter dem Graphen liegen etwa 27 bis 28 Kästchen (Auszählen oder Näherung durch Dreiecke und Trapeze). (2 BE) $Q \approx 27,5 \cdot 0,020 \text{ C} \approx 0,55 \text{ C}$ (1 BE) <i>Korrekturhinweis: Werte zwischen 0,50 C und 0,60 C sind zu akzeptieren.</i>
2	2.2 $C = \frac{Q}{U_0} = \frac{0,55 \text{ C}}{2,5 \text{ V}} = 0,22 \text{ F}$ (2 BE)
2	2.3 $W = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,22 \text{ F} \cdot (2,5 \text{ V})^2 \approx 0,69 \text{ J}$ (2 BE)
4	2.4 Benötigte Ladung: $Q_b = I \cdot t = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 60 \text{ s} = 0,18 \text{ C}$ (1 BE) Nutzbar ist nur die Ladung, die beim Absinken der Spannung von 2,5 V auf 1,5 V abgegeben wird: $\Delta Q = C \cdot \Delta U = 0,22 \text{ F} \cdot 1,0 \text{ V} = 0,22 \text{ C}$ (1 BE) $0,22 \text{ C} > 0,18 \text{ C}$: Der Kondensator reicht aus (für etwa 73 s). (1 BE) Mindestkapazität: $C_{\min} = \frac{Q_b}{\Delta U} = \frac{0,18 \text{ C}}{1,0 \text{ V}} = 0,18 \text{ F}$ (1 BE)
3	2.5 $C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow A = \frac{C d}{\epsilon_0} = \frac{0,22 \text{ F} \cdot 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A s V}^{-1} \text{ m}^{-1}} \approx 1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2 = 1,2 \text{ km}^2$ (1 BE) Die Platten müssten eine Fläche von über einem Quadratkilometer haben – im Gehäuse eines Besucherzählers 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)
30	

BE

- 2 **1.1** Stöße im Abstand von 0,50 s regen die Brücke mit ihrer Eigenfrequenz $f = \frac{1}{T} = 2,0 \text{ Hz}$ 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** $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}} \Rightarrow D = 4\pi^2 m f^2 = 4\pi^2 \cdot 1\,900 \text{ kg} \cdot (2,0 \text{ Hz})^2$ (1 BE) $\approx 3,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}$ (1 BE)
- 3 **1.3** $T' = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{D}} = \sqrt{2} \cdot T \approx 0,71 \text{ s}$ (1 BE)
Die Eigenfrequenz des Tilgers stimmt nicht mehr mit der der Brücke überein; er wird kaum angeregt und verringert die Brückenschwingung nicht. (1 BE)
Damit T gleich bleibt, muss $\frac{m}{D}$ gleich bleiben: Die Richtgröße muss verdoppelt werden ($D' \approx 6,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}$, z. B. härtere oder zusätzliche Federn). (1 BE)
- 2 **1.4** $E = \frac{1}{2} D \hat{s}^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,0 \cdot 10^5 \text{ N/m} \cdot (0,030 \text{ m})^2$ (1 BE) $\approx 135 \text{ J}$ (1 BE)
- 2 **1.5** In der Ruhelage ist die gesamte Schwingungsenergie kinetische Energie:
 $\frac{1}{2} m v_{\max}^2 = E$ (1 BE)
 $v_{\max} = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 135 \text{ J}}{1\,900 \text{ kg}}} \approx 0,38 \text{ m/s}$ (ebenso $v_{\max} = 2\pi f \hat{s}$) (1 BE)
- 3 **1.6** Die schwingende Brücke regt über die Federn den Tilger zu Schwingungen an; der Tilger schwingt der Brückenbewegung entgegen, seine Federkräfte bremsen die Brücke. (1 BE)
Schwingungsenergie der Brücke wird so auf den Tilger übertragen; die Dämpfer wandeln Bewegungsenergie des Tilgers in innere Energie um. (1 BE)
Die Schwingungsenergie der Brücke nimmt ab, ihre Amplitude wird kleiner. (1 BE)
- 3 **2.1** Laufzeiten: $t_P = \frac{s}{c_P}$ (Schiene), $t_S = \frac{s}{c_S}$ (Luft) (1 BE)
 $\Delta t = t_S - t_P = s \left(\frac{1}{c_S} - \frac{1}{c_P} \right) = s \cdot \frac{c_P - c_S}{c_P \cdot c_S}$ (1 BE)
 $\Rightarrow s = \Delta t \cdot \frac{c_P \cdot c_S}{c_P - c_S}$ (1 BE)
- 4 **2.2** Einsatz des Schienensignals bei $t \approx 0,10 \text{ s}$, des Luftsignals (größerer Ausschlag) bei $t \approx 0,60 \text{ s}$ (1 BE)
 $\Delta t \approx 0,50 \text{ s}$ (1 BE)
 $s = 0,50 \text{ s} \cdot \frac{5\,100 \text{ m/s} \cdot 340 \text{ m/s}}{4\,760 \text{ m/s}} \approx 0,50 \text{ s} \cdot 364 \text{ m/s} \approx 182 \text{ m}$ (1 BE)
Ablesegenauigkeit etwa $\pm 0,01 \text{ s}$ (Einsätze nicht ganz scharf), also s auf etwa $\pm 4 \text{ m}$ genau. (1 BE)
- 2 **2.3** $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{1\,700 \text{ Hz}} = 0,20 \text{ m}$ (2 BE)
- 3 **2.4** Die Wagen folgen mit dem zeitlichen Abstand $\frac{15 \text{ m}}{30 \text{ m/s}} = 0,50 \text{ s}$ aufeinander; die Brücke wird mit 2,0 Hz angeregt. (1 BE)
Das ist genau ihre Eigenfrequenz: Resonanz. (1 BE)
Die Befürchtung ist begründet; ohne wirksamen Tilger könnte der Zug die Brücke stark aufschaukeln. (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

4 2.5

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Bei der Schallwelle in der Luft schwingen die Luftteilchen in Ausbreitungsrichtung der Welle. (Längswelle)	x		
Bei gleicher Frequenz hat der Schall in der Schiene eine größere Wellenlänge als in der Luft. ($\lambda = c/f$)	x		
Die Schallwelle transportiert Luft von der Schlagstelle zum Mikrofon.		x	
Die Frequenz des Schalls bleibt gleich, wenn er von der Schiene in die Luft übergeht. (nur λ ändert sich)	x		

30