

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 003 zum Fachabitur
zum Erwerb der Fachhochschulreife
an Fachoberschulen und Berufsoberschulen

Physik

Ausbildungsrichtung Technik

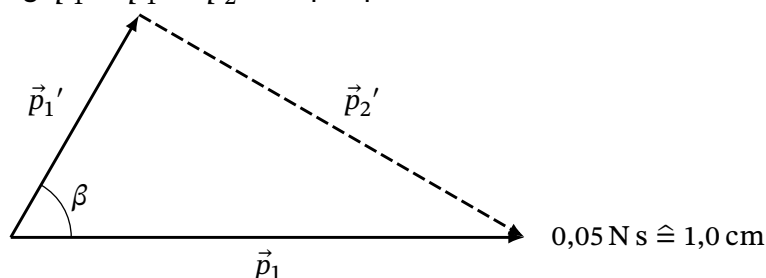
Notenschlüssel:	Note	Punkte	Bewertungseinheiten	
			von	bis
	+	15	100	96
	1	14	95	91
	–	13	90	86
	+	12	85	81
	2	11	80	76
	–	10	75	71
	+	9	70	66
	3	8	65	61
	–	7	60	56
	+	6	55	51
	4	5	50	46
	–	4	45	41
	+	3	40	34
	5	2	33	27
	–	1	26	20
	6	0	19	0

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

BE

- 4 1.1 (G) Impulse: $p_1 = m v_1 = 0,34 \text{ N s} (\hat{=} 6,8 \text{ cm})$, $p_1' = m v_1' = 0,17 \text{ N s} (\hat{=} 3,4 \text{ cm unter } \beta)$. (1 BE)

Impulserhaltung: $\vec{p}_1 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$ - Impulsplan: (2 BE)



Gemessen: $|\vec{p}_2'| \hat{=} 5,9 \text{ cm}$, also $p_2' \approx 0,29 \text{ N s}$ und $v_2' = \frac{p_2'}{m} \approx 1,7 \text{ m/s}$ (1 BE)

Korrekturhinweis: Werte für v_2' zwischen $1,6 \text{ m/s}$ und $1,8 \text{ m/s}$ sind zu akzeptieren.

- 2 1.2 (G) E_{kin} vorher: $\frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m \cdot 4,0 \text{ m}^2/\text{s}^2$;
nachher: $\frac{1}{2} m (v_1'^2 + v_2'^2) = \frac{1}{2} m \cdot (1,0 + 3,0) \text{ m}^2/\text{s}^2$ (1 BE)

Die kinetische Energie bleibt erhalten: Der Stoß ist (im Rahmen der Zeichengenauigkeit) elastisch. Bestätigung: Die Kugeln laufen unter 90° auseinander. (1 BE)

- 3 2.1 (G) Diagramm B ist richtig: Die resultierende Kraft (Hangabtriebskraft minus Reibungskraft) ist konstant, also ist die Beschleunigung konstant; aus der Ruhe ergibt sich eine Ursprungsgerade. (1 BE)

A: Die Steigung nimmt ab – das würde eine abnehmende resultierende Kraft bedeuten (z. B. durch Luftwiderstand, der hier vernachlässigt wird). (1 BE)

C: Der Graph beginnt nicht bei $v = 0$ – der Schlitten startet aber aus der Ruhe. (1 BE)

- 3 2.2 (G) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6,4 \text{ m/s}}{4,0 \text{ s}} = 1,6 \text{ m/s}^2$ (1 BE)

Kraftansatz längs des Hangs: $m a = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$ (1 BE)

$$\mu = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = \frac{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 15^\circ - 1,6 \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 15^\circ} \approx 0,099 \quad (1 \text{ BE})$$

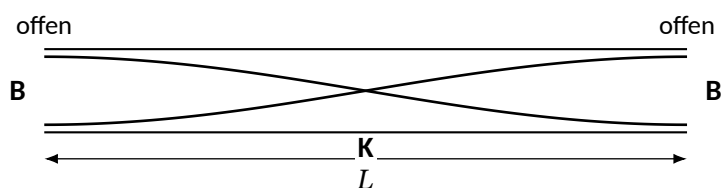
- 2 3.1 (G) Lineares Kraftgesetz bis $x = 0,40 \text{ m}$ (Ursprungsgerade):
 $D = \frac{120 \text{ N}}{0,40 \text{ m}} = 300 \text{ N/m}$ (1 BE)

Gültigkeitsbereich: $0 \leq x \leq 0,40 \text{ m}$ (1 BE)

- 3 3.2 (G) Die Arbeit ist die Maßzahl der Fläche unter dem x - F -Graphen (1 BE), hier ein Dreieck: (1 BE)

$$W = \frac{1}{2} \cdot 0,40 \text{ m} \cdot 120 \text{ N} = 24 \text{ J} \quad (1 \text{ BE})$$

- 2 4.1 (G) An beiden offenen Enden Schwingungsbäuche, in der Mitte ein Schwingungsknoten (Grundschiwingung: $L = \frac{1}{2} \lambda$). (1 BE)



B (1 BE) K (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

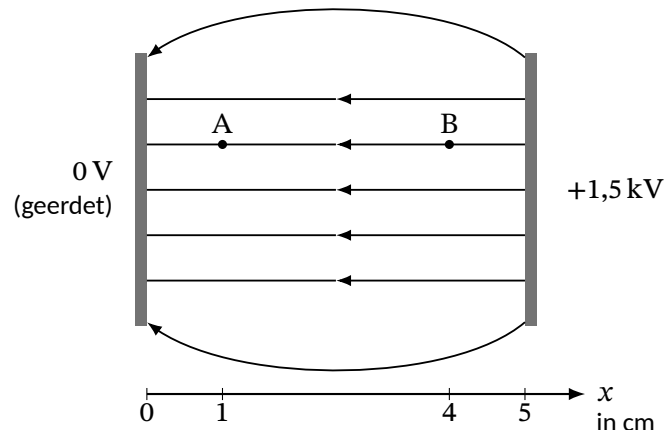
BE

2 4.2 (G) $\lambda = 2L = 0,680 \text{ m}$ (1 BE); $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340 \text{ m/s}}{0,680 \text{ m}} = 500 \text{ Hz}$ (1 BE)

2 4.3 (G) Höher. (1 BE)

Die Länge der Pfeife und damit $\lambda = 2L$ bleiben gleich; wegen $f = \frac{c}{2L}$ steigt die Frequenz mit der Schallgeschwindigkeit. (1 BE)

2 5.1 (G) Feldlinien von der positiv geladenen (rechten) zur geerdeten (linken) Platte; innen parallel und gleichabständig (homogen), am Rand nach außen gewölbt.



homogener Innenbereich (1 BE) Randfeld und Orientierung (1 BE)

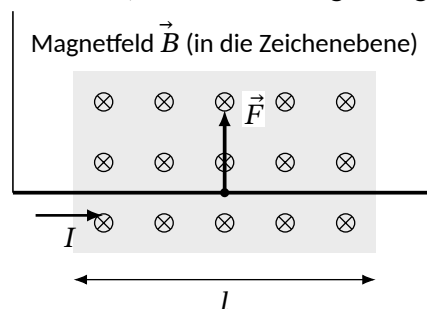
2 5.2 (G) $E = \frac{U}{d} = \frac{1,5 \cdot 10^3 \text{ V}}{0,050 \text{ m}} = 30 \text{ kV/m}$ (2 BE)

3 5.3 (G) $\varphi_A = E \cdot x_A = 300 \text{ V}$; $\varphi_B = 1200 \text{ V}$ (1 BE)

$\Delta E_{\text{pot}} = q(\varphi_B - \varphi_A) = -3,2 \cdot 10^{-18} \text{ C} \cdot 900 \text{ V} \approx -2,9 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ (1 BE)

Die potenzielle Energie nimmt ab: Das negativ geladene Teilchen bewegt sich zum höheren Potenzial, die elektrische Kraft verrichtet dabei Arbeit (Zunahme der kinetischen Energie). (1 BE)

2 6.1 (G) Dreifingerregel (rechte Hand): Daumen in Stromrichtung (nach rechts), Zeigefinger in Feldrichtung (in die Zeichenebene) – der Mittelfinger zeigt nach oben. (1 BE)



Richtung (1 BE)

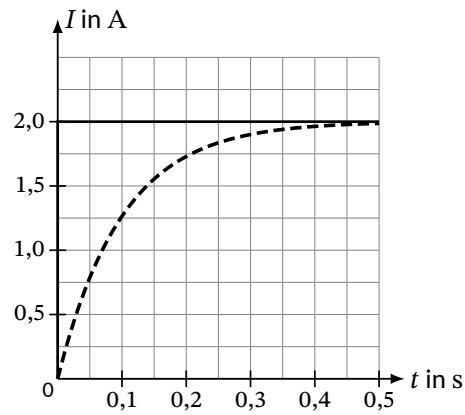
2 6.2 (G) $F = I \cdot l \cdot B = 4,0 \text{ A} \cdot 0,050 \text{ m} \cdot 0,12 \text{ T} = 24 \text{ mN}$ (2 BE)

3 7.1 (G) Die Stromstärke kann nicht sprunghaft ansteigen: Beim Einschalten wird in der Spule eine Selbstinduktionsspannung induziert, die nach der Lenz'schen Regel ihrer Ursache (dem Anstieg der Stromstärke) entgegenwirkt. (2 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Korrektter Verlauf: I steigt von 0 mit abnehmender Steigung auf $\frac{U_0}{R} = 2,0 \text{ A}$ an (gestrichelt).



Skizze

(1 BE)

3

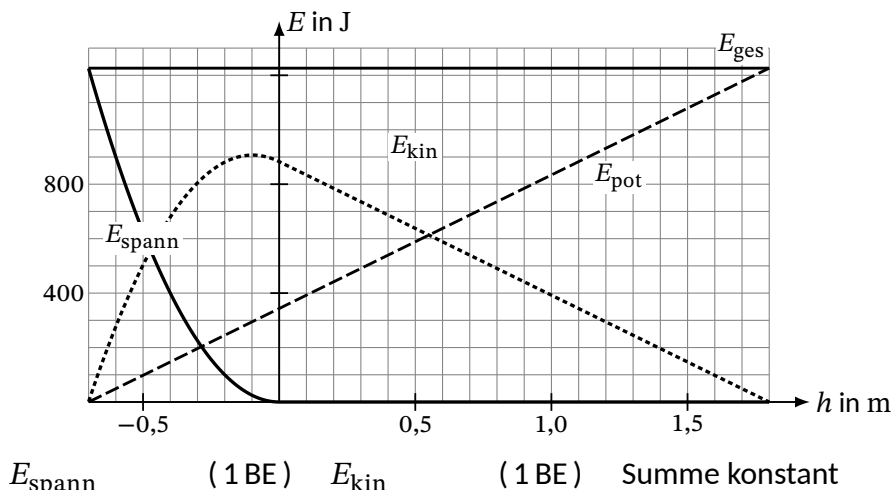
7.2 (G) Unmittelbar nach dem Einschalten ist $I = 0$, also $U_R = R \cdot I = 0$; die ganze Spannung liegt an der Induktivität: (1 BE)

$$U_0 = L \cdot \dot{I} \quad (1 \text{ BE}) \quad \Rightarrow \quad L = \frac{U_0}{\dot{I}} = \frac{12 \text{ V}}{20 \text{ A/s}} = 0,60 \text{ H} \quad (1 \text{ BE})$$

40

BE

- 3 1.1 (G) Spannenergie: null oberhalb des unbelasteten Tuchs ($h \geq 0$), darunter quadratisch zunehmend bis E_{ges} im tiefsten Punkt. Kinetische Energie: $E_{\text{kin}} = E_{\text{ges}} - E_{\text{pot}} - E_{\text{spann}}$, null im höchsten und im tiefsten Punkt, größter Wert knapp unterhalb von $h = 0$ (dort ist $D|h| = mg$).



- 4 1.2 Nullniveau im tiefsten Punkt (Eindrücktiefe s): $mg(h+s) = \frac{1}{2}Ds^2$ (1 BE)
 $\frac{1}{2} \cdot 5000 \text{ N/m} \cdot s^2 - 490,5 \text{ N} \cdot s - 882,9 \text{ J} = 0$ (2 BE)
 $s = \frac{490,5 + \sqrt{490,5^2 + 2 \cdot 5000 \cdot 882,9}}{5000} \text{ m} \approx 0,70 \text{ m}$ (die negative Lösung entfällt) (1 BE)
- 3 1.3 $F_{\text{max}} = D \cdot s = 5000 \text{ N/m} \cdot 0,70 \text{ m} = 3,5 \text{ kN}$ (1 BE)
 $3,5 \text{ kN} < 4,0 \text{ kN}$ (1 BE): Das Trampolin ist für diese Sprünge ausgelegt; die Reserve beträgt nur etwa 12 % - höhere Sprünge oder schwerere Personen könnten die Grenze überschreiten. (1 BE)
- 3 1.4 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,8 \text{ m}} \approx 5,9 \text{ m/s}$ (1 BE)
 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{50 \text{ kg} \cdot 5,9 \text{ m/s}}{0,050 \text{ s}} \approx 5,9 \text{ kN}$ (1 BE)
Die mittlere Kraft der Matte ist deutlich größer als die größte Kraft des Tuchs (3,5 kN), weil die Abbremszeit viel kürzer ist. (1 BE)
Korrekturhinweis: Wer zusätzlich die Gewichtskraft berücksichtigt ($\approx 6,4 \text{ kN}$), erhält volle BE.

- 4 1.5

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Im tiefsten Punkt ist die Geschwindigkeit der Turnerin null. (Umkehrpunkt)	x		
Im tiefsten Punkt ist die Beschleunigung der Turnerin null. ($Ds > mg$: nach oben)		x	
Eine schwerere Turnerin drückt das Tuch bei gleicher Sprunghöhe weniger tief ein.		x	
Das Tuch hält mehr als 1000 Sprünge aus, ohne zu reißen. (keine Angabe)			x

- 2 2.1 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi\sqrt{\frac{50 \text{ kg}}{5000 \text{ N/m}}} \approx 0,63 \text{ s}$ (2 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

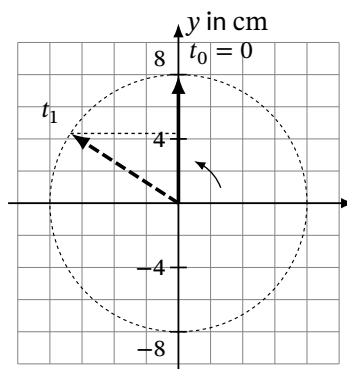
- 3 **2.2** Gemessen: $T = \frac{6,6\text{ s}}{10} = 0,66\text{ s}$, etwa 5 % mehr als berechnet. (1 BE)

Die Messung über zehn Perioden verringert den Einfluss der Reaktionszeit (auf etwa $\pm 0,02\text{ s}$ je Periode); die Abweichung ist größer. Systematische Ursache: Im Modell wird die Masse des Tuchs vernachlässigt – sie schwingt mit und vergrößert die Periodendauer. (1 BE)

Urteil: Die Messung bestätigt das Modell im Rahmen dieser Vereinfachung. (1 BE)

- 3 **2.3 (G)** In $t_1 = 0,10\text{ s}$ dreht sich der Zeiger um $\varphi = 360^\circ \cdot \frac{0,10}{0,63} \approx 57^\circ$ weiter (gegen den Uhrzeigersinn). (1 BE)

$$y(t_1) = \hat{y} \cdot \cos 57^\circ = 8,0\text{ cm} \cdot \cos 57^\circ \approx 4,3\text{ cm} \quad (1\text{ BE})$$



Zeiger (1 BE)

- 2 **2.4** $E = \frac{1}{2} D \hat{y}^2 = \frac{1}{2} \cdot 5\,000\text{ N/m} \cdot (0,080\text{ m})^2 = 16\text{ J}$ (2 BE)

- 3 **2.5** Im oberen Umkehrpunkt ist die Beschleunigung nach unten gerichtet mit dem Betrag $a_{\max} = \omega^2 \hat{y} = \frac{D}{m} \hat{y}$. Ist sie größer als g , kann das Tuch die Turnerin nicht mehr „nach unten ziehen“ – sie hebt ab. (1 BE)

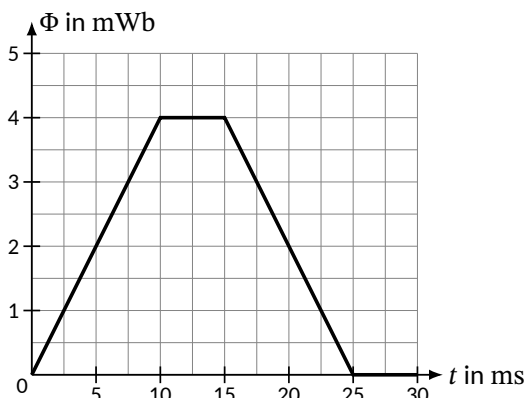
$$\text{Grenzfall: } \frac{D}{m} \hat{y} = g \quad (1\text{ BE}) \quad \Rightarrow \quad \hat{y} = \frac{mg}{D} = \frac{50\text{ kg} \cdot 9,81\text{ m/s}^2}{5\,000\text{ N/m}} \approx 9,8\text{ cm} \quad (1\text{ BE})$$

30

BE

- 2 **1.1** $A = 0,20 \text{ m} \cdot 0,10 \text{ m} = 0,020 \text{ m}^2$ (1 BE);
 $\Phi_{\max} = B \cdot A = 0,20 \text{ T} \cdot 0,020 \text{ m}^2 = 4,0 \text{ mWb}$ (1 BE)

- 3 **1.2** (G) Eintritt: $\frac{0,20 \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 10 \text{ ms}$,
 Fluss steigt linear auf 4,0 mWb; ganz im Feld für $\frac{0,10 \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 5,0 \text{ ms}$; Austritt in 10 ms.



Eintritt (1 BE) konstant (1 BE) Austritt (1 BE)

- 2 **1.3** $|U| = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 500 \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}{0,010 \text{ s}} = 200 \text{ V}$ (2 BE)

- 5 **1.4** Diagramm C ist richtig. (2 BE)

A: Beim Austritt nimmt der Fluss ab, die Spannung muss das entgegengesetzte Vorzeichen haben wie beim Eintritt. (1 BE)

B: Zwischen 10 ms und 15 ms ist der Fluss konstant, die Spannung muss null sein. (1 BE)

D: Die Beträge sind nur halb so groß wie nach 1.3 (200 V). (1 BE)

Korrekturhinweis: Lösungen, die das Vorzeichen anders festlegen und dies begründen, sind gleichwertig.

- 3 **1.5** Die Eintrittszeit ist umgekehrt proportional zu v , also ist $|U| \sim v$: (1 BE)

$$v_{\min} = \frac{12 \text{ V}}{200 \text{ V}} \cdot 20 \text{ m/s} = 1,2 \text{ m/s} \quad (1 \text{ BE})$$

Bei einem stehenden Zug ändert sich der Fluss nicht, es wird keine Spannung induziert – die Sicherung kann einen stehenden Zug nicht erkennen; sie wirkt nur, wenn der Zug fährt. (1 BE)

- 2 **1.6** In der geschlossenen Spule fließt ein Induktionsstrom. Nach der Lenz'schen Regel wirkt die Kraft auf die stromdurchflossene Spule ihrer Ursache, der Bewegung, entgegen (1 BE): Sie ist beim Eintritt und beim Austritt entgegen der Fahrtrichtung gerichtet (bremsend). (1 BE)

- 3 **2.1** $Q = C \cdot U_1 = 50 \text{ F} \cdot 2,7 \text{ V} = 135 \text{ C}$ (1 BE)

$$W = \frac{1}{2} C U_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \text{ F} \cdot (2,7 \text{ V})^2 \approx 182 \text{ J} \quad (2 \text{ BE})$$

- 4 **2.2** $W_{\text{nutz}} = \frac{1}{2} C (U_1^2 - U_2^2) = \frac{1}{2} \cdot 50 \text{ F} \cdot ((2,7 \text{ V})^2 - (1,0 \text{ V})^2) \approx 157 \text{ J}$ (3 BE)

$$\text{Anteil: } \frac{157}{182} \approx 86 \% \quad (1 \text{ BE})$$

- 3 **2.3** $\frac{1}{2} C (U_1^2 - U_2^2) = 250 \text{ J} \quad (1 \text{ BE}) \Rightarrow C = \frac{2 \cdot 250 \text{ J}}{(2,7 \text{ V})^2 - (1,0 \text{ V})^2} \approx 79 \text{ F} \quad (2 \text{ BE})$

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

3

2.4 $C_{\text{mess}} = \frac{Q}{U_1} = \frac{120 \text{ C}}{2,7 \text{ V}} \approx 44 \text{ F}$ (1 BE)

Toleranzbereich: 45 F bis 60 F; der Messwert liegt knapp darunter – außerhalb der Toleranz. (1 BE)

Mögliche Ursachen: Alterung des Kondensators, Selbstentladung (Ladung fließt schon vor bzw. während der Messung ab), Messabweichung des Ladungsmessgeräts. Vor einem Austausch sollte die Messung wiederholt werden. (1 BE)

30

BE

- 3 **1.1** Im Punkt U zeigt die Zentripetalkraft nach oben: $F_S - F_G = m \frac{v^2}{r}$ (1 BE)
 $F_S = m \left(g + \frac{v^2}{r} \right) = 75 \text{ kg} \cdot \left(9,81 \text{ m/s}^2 + \frac{(70 \text{ m/s})^2}{150 \text{ m}} \right) \approx 3,2 \text{ kN}$ (1 BE)
Das ist etwa das 4,3-Fache der Gewichtskraft. (1 BE)
- 3 **1.2** Im Punkt O zeigt die Zentripetalkraft nach unten: $F_S + F_G = m \frac{v^2}{r}$ (1 BE)
 $F_S = m \left(\frac{v^2}{r} - g \right) = 75 \text{ kg} \cdot \left(\frac{(40 \text{ m/s})^2}{150 \text{ m}} - 9,81 \text{ m/s}^2 \right) \approx 64 \text{ N}$ (1 BE)
Der Sitz drückt kaum noch auf den Piloten (weniger als ein Zehntel der Gewichtskraft):
Er fühlt sich fast schwerelos. (1 BE)
- 3 **1.3** Schwerelos: $F_S = 0$, die Gewichtskraft allein ist die Zentripetalkraft: $m g = m \frac{v^2}{r}$ (1 BE)
 $v = \sqrt{g r} = \sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 150 \text{ m}} \approx 38,4 \text{ m/s}$ (1 BE)
Bei kleinerer Geschwindigkeit ist die Gewichtskraft größer als die nötige Zentripetalkraft: Der Pilot würde sich vom Sitz lösen und nur von den Gurten gehalten werden. (1 BE)
- 3 **1.4** $m \left(g + \frac{v^2}{r} \right) = 6 m g \Rightarrow \frac{v^2}{r} = 5 g$ (1 BE)
 $r_{\min} = \frac{v^2}{5 g} = \frac{(70 \text{ m/s})^2}{5 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 99,9 \text{ m}$ (rund 100 m) (2 BE)
- 3 **1.5** Ohne Antrieb: $\frac{1}{2} m v_O^2 = \frac{1}{2} m v_U^2 - m g \cdot 2r$ (1 BE)
 $v_O^2 = (70 \text{ m/s})^2 - 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 300 \text{ m} = 4900 \text{ m}^2/\text{s}^2 - 5886 \text{ m}^2/\text{s}^2 < 0$ (1 BE)
Das ist unmöglich: Die kinetische Energie im Punkt U reicht nicht aus, um 300 m Höhe zu gewinnen. Der Motor muss während des Loopings Energie zuführen. (1 BE)
- 2 **2.1** Der Luftwiderstand wächst mit der Geschwindigkeit. Bei $v = 55 \text{ m/s}$ ist er so groß wie die Gewichtskraft; die resultierende Kraft ist null (1 BE), nach dem Beharrungsprinzip bleibt die Geschwindigkeit konstant. (1 BE)
- 4 **2.2** Impulsänderung: $\Delta p = m \Delta v = 80 \text{ kg} \cdot (55 \text{ m/s} - 5,0 \text{ m/s}) = 4,0 \cdot 10^3 \text{ N s}$ (nach oben) (1 BE)
Resultierende Kraft: $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{4,0 \cdot 10^3 \text{ N s}}{2,5 \text{ s}} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ N}$ (1 BE)
 $F_{\text{Gurt}} - F_G = 1,6 \cdot 10^3 \text{ N} \Rightarrow F_{\text{Gurt}} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ N} + 80 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 2,4 \text{ kN}$ (2 BE)
- 3 **2.3** Diagramm B ist richtig. (1 BE)
Bis 12 s steigt v linear, $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$ also quadratisch mit t ; danach ist v konstant und damit auch E_{kin} . (1 BE)
A steigt nach 12 s weiter, C fällt – beides widerspricht der konstanten Geschwindigkeit. (1 BE)
- 4 **2.4** Die Fallstrecke ist die Maßzahl der Fläche unter dem t - v -Graphen: (1 BE)
 $s = \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ s} \cdot 55 \text{ m/s} + 28 \text{ s} \cdot 55 \text{ m/s} = 330 \text{ m} + 1540 \text{ m} = 1870 \text{ m} \approx 1,87 \text{ km}$ (1 BE)
Die Angabe der App (1,9 km) weicht nur um etwa 2 % ab (1 BE) und ist plausibel; der vereinfachte Verlauf im Diagramm (gerade statt gekrümmt) erklärt kleine Unterschiede. (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE
2
30

- 2.5** Durch das Beugen der Beine und das Abrollen verlängert sich die Zeit, in der der Impuls abgebaut wird. (1 BE)
- Wegen $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ wird die mittlere Kraft auf den Körper kleiner. (1 BE)