

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 004 (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	
2	1.1 Impulserhaltung (B ruht vorher; Orientierung in der ursprünglichen Fahrtrichtung von A): $m_A v_A = m_A \cdot (-v_A') + m_B v_B'$ (1 BE) $v_B' = \frac{m_A(v_A + v_A')}{m_B} = \frac{20 \text{ t} \cdot 1,8 \text{ m/s}}{30 \text{ t}} = 1,2 \text{ m/s}$ (1 BE)
2	1.2 $E_{\text{vorher}} = \frac{1}{2} m_A v_A^2 = 22,5 \text{ kJ}$ $E_{\text{nachher}} = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2 = 0,9 \text{ kJ} + 21,6 \text{ kJ} = 22,5 \text{ kJ}$ (1 BE) Die kinetische Energie bleibt erhalten: Der Stoß ist (im Modell) elastisch, es wird keine kinetische Energie umgewandelt – die federnden Puffer geben die gespeicherte Spannenergie vollständig zurück. (1 BE)
2	1.3 Die Aussage ist falsch: Nach dem Wechselwirkungsprinzip sind die Kräfte, die die Wagen aufeinander ausüben, zu jedem Zeitpunkt gleich groß und entgegengesetzt gerichtet; beide erfahren betragsgleiche Impulsänderungen: $m_A \Delta v_A = 20 \text{ t} \cdot 1,8 \text{ m/s} = 36\,000 \text{ N s} = 30 \text{ t} \cdot 1,2 \text{ m/s} = m_B \Delta v_B$ (1 BE) Dass A zurückrollt, liegt an seiner kleineren Masse: Dieselbe Impulsänderung bewirkt bei A eine größere Geschwindigkeitsänderung (1,8 m/s), die über den Stillstand hinausgeht. (1 BE)
2	2.1 Abstand der Lagen 1 und 2 (Skala): $\Delta y \approx 2,8 \text{ cm}$ (1 BE) $\bar{v}_{12} = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{0,028 \text{ m}}{0,040 \text{ s}} \approx 0,70 \text{ m/s}$ (1 BE) Korrekturhinweis: Ablesungen zwischen 2,7 cm und 2,9 cm sind zu akzeptieren.
4	2.2 Zwischen den Lagen 4 und 5: $\Delta y \approx 20,6 \text{ cm} - 13,1 \text{ cm} = 7,5 \text{ cm}, \bar{v}_{45} = \frac{0,075 \text{ m}}{0,040 \text{ s}} \approx 1,9 \text{ m/s}$ (1 BE) Die mittleren Geschwindigkeiten gehören zu den Mitten der Zeitintervalle; diese liegen $3 \Delta t = 0,12 \text{ s}$ auseinander. (1 BE) $a = \frac{\bar{v}_{45} - \bar{v}_{12}}{3 \Delta t} = \frac{1,875 \text{ m/s} - 0,70 \text{ m/s}}{0,12 \text{ s}} \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ (1 BE) Das stimmt im Rahmen der Ablesegenauigkeit mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ überein: freier Fall. (1 BE) Korrekturhinweis: Werte zwischen $9,2 \text{ m/s}^2$ und $10,4 \text{ m/s}^2$ sind zu akzeptieren; auch der Weg über $\Delta s = a \Delta t^2$ (konstante Zunahme der Abstände) ist vollständig richtig.
2	3.1 $f = \frac{600}{30 \text{ s}} = 20 \text{ Hz}$ (1 BE); $v = 2\pi r f = 2\pi \cdot 0,090 \text{ m} \cdot 20 \text{ Hz} \approx 11 \text{ m/s}$ (1 BE)
2	3.2 $a_Z = \omega^2 r = (2\pi \cdot 20 \text{ Hz})^2 \cdot 0,090 \text{ m} \approx 1,42 \text{ km/s}^2$ (1 BE) $\frac{a_Z}{g} \approx 145, \text{ also etwa das 145-Fache der Fallbeschleunigung.}$ (1 BE)
2	3.3 Für einen außenstehenden Beobachter wirkt keine nach außen gerichtete Kraft. Damit sich eine Blutzelle auf der Kreisbahn bewegt, muss eine zum Mittelpunkt gerichtete Kraft (Zentripetalkraft) vom Betrag $m a_Z$ auf sie wirken. (1 BE) Die umgebende Flüssigkeit kann diese Kraft für die dichteren Blutzellen nicht vollständig aufbringen; die Zellen bewegen sich wegen ihrer Trägheit tangential weiter und damit relativ zur Flüssigkeit nach außen, bis der Boden des Röhrchens die nötige Kraft ausübt. (1 BE)
2	4.1 Von $t = 0$ bis $t = 0,50 \text{ s}$ liegen sechs Perioden: $T = \frac{0,50 \text{ s}}{6} \approx 0,083 \text{ s}$ (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

$$f_0 = \frac{1}{T} = 12 \text{ Hz} \quad (1 \text{ BE})$$

Korrekturhinweis: Bestimmung aus mehreren Perioden wird erwartet; eine einzelne Periode nur mit 1 BE.

- 3 **4.2** Bei 720 Umdrehungen pro Minute regt der Motor mit $\frac{720}{60 \text{ s}} = 12 \text{ Hz} = f_0$ an: Resonanz, die Vibration tritt bei dieser Drehzahl auf. (1 BE)

Eine zusätzliche Masse verkleinert die Eigenfrequenz ($f_0 \sim \frac{1}{\sqrt{m}}$ bei gleicher Richtgröße). (1 BE)

Damit verschiebt sich die Resonanz nur zu einer kleineren Drehzahl, die im Betrieb ebenfalls vorkommt (z. B. Leerlauf); die Maßnahme beseitigt das Problem nicht. Besser: Dämpfung (Gummilager) oder eine steifere Halterung, die f_0 über den Drehzahlbereich des Motors hebt. (1 BE)

- 2 **5.1** $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{170 \text{ Hz}} = 2,0 \text{ m}$ (2 BE)

- 3 **5.2** Abbildung A ist richtig. (1 BE)

Die Tür ($b = 90 \text{ cm}$) ist schmaler als eine Wellenlänge ($\lambda = 2,0 \text{ m}$). (1 BE)

Nach dem Huygens'schen Prinzip ist jeder Punkt der Türöffnung Ausgangspunkt einer Elementarwelle; bei $b < \lambda$ wirkt die Öffnung fast wie ein einzelnes Erregerzentrum: Hinter der Tür entstehen annähernd kreisförmige Wellenfronten, der Ton ist auch seitlich im Flur zu hören (Beugung). B zeigt keine Beugung; das wäre nur bei $b \gg \lambda$ annähernd so. (1 BE)

- 2 **6.1** $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 25 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(0,080 \text{ m})^2} \approx 1,4 \text{ mN}$ (1 BE)

Die Ladungen haben gleiche Vorzeichen: Die Kugeln stoßen sich ab. (1 BE)

- 2 **6.2** $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q_1|}{r^2} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(0,080 \text{ m})^2} \approx 5,6 \cdot 10^4 \text{ N/C}$ (1 BE)

Richtung: zu Q_1 hin, also längs der Verbindungslinie von Q_2 nach Q_1 (negative Quellladung). (1 BE)

- 2 **6.3** $F \sim \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$: Die halbe Ladung halbiert die Kraft, der halbe Abstand vervierfacht sie. (1 BE)

Insgesamt: $F' = \frac{1/2}{1/4} F = 2 F$, also etwa 2,8 mN. (1 BE)

- 2 **7.1** $\hat{\Phi} = B \cdot A = 0,25 \text{ T} \cdot 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,10 \text{ mWb}$ (2 BE)

- 2 **7.2** $\Phi(t) = \hat{\Phi} \cos(\omega t)$, $U = -N\dot{\Phi} = N\omega\hat{\Phi} \sin(\omega t)$, also $\hat{U} = N\omega\hat{\Phi}$ mit $\omega = 2\pi f$ (1 BE)

$\hat{U} = 200 \cdot 2\pi \cdot 15 \text{ Hz} \cdot 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} \approx 1,9 \text{ V}$ (1 BE)

- 2 **7.3** Diagramm A ist richtig. (1 BE)

In der Spule entsteht eine sinusförmige Wechselspannung (B). Der Kommutator vertauscht nach jeder halben Umdrehung die Anschlüsse; dadurch werden die negativen Halbwellen „umgeklappt“. Es entsteht eine pulsierende Gleichspannung mit gleichem Scheitelwert. C (konstante Spannung) wäre nur mit vielen gegeneinander versetzten Spulen annähernd möglich. (1 BE)

40

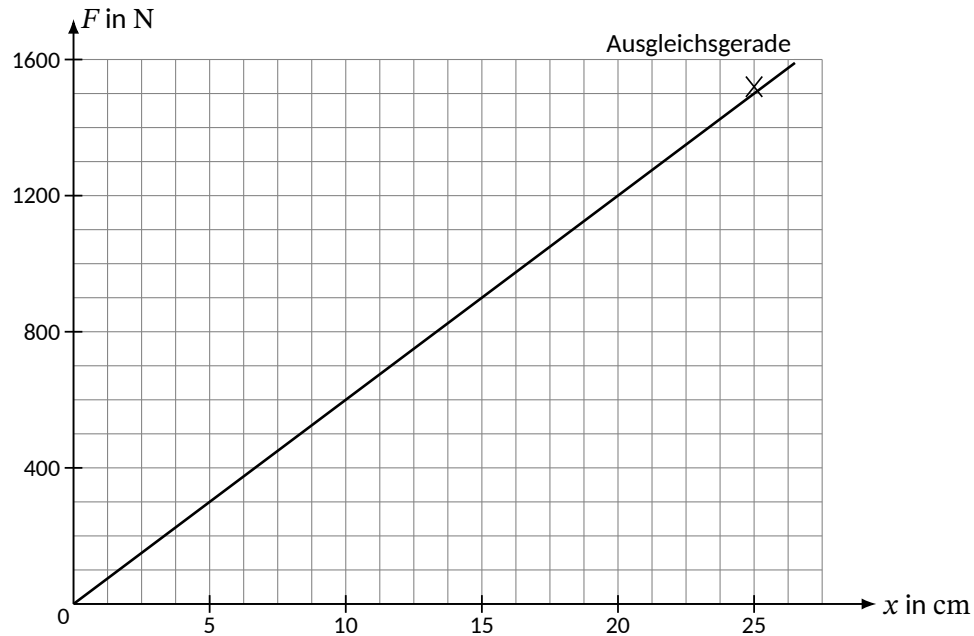
BE

3 1.1 Energieansatz: $m g h = \frac{1}{2} m v^2$ (1 BE)

$v = \sqrt{2 g h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2,0 \text{ m}} \approx 6,3 \text{ m/s}$ (1 BE)

Fallzeit: $h = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 0,64 \text{ s}$ (1 BE)

4 1.2 (G) Messpunkte im x - F -Diagramm: (2 BE)



Die Messpunkte liegen im Rahmen der Messgenauigkeit auf einer Ursprungsgeraden:

$F \sim x$, also gilt ein lineares Kraftgesetz. (1 BE)

Steigung der Ausgleichsgeraden: $D_F = \frac{\Delta F}{\Delta x} \approx \frac{1500 \text{ N}}{0,25 \text{ m}} = 6,0 \text{ kN/m}$ (1 BE)

Korrekturhinweis: Werte zwischen 5,8 kN/m und 6,2 kN/m sind zu akzeptieren.

4 1.3 Nullniveau der Lageenergie im tiefsten Punkt; dort ist der Dachdecker in Ruhe: $m g (h + s) = \frac{1}{2} D_F s^2$ (1 BE)

$\frac{1}{2} D_F s^2 - m g s - m g h = 0 \Rightarrow s = \frac{m g + \sqrt{(m g)^2 + 2 D_F m g h}}{D_F}$ (1 BE)

$s = \frac{882,9 \text{ N} + \sqrt{(882,9 \text{ N})^2 + 2 \cdot 6000 \text{ N/m} \cdot 882,9 \text{ N} \cdot 2,0 \text{ m}}}{6000 \text{ N/m}} \approx 0,93 \text{ m}$ (1 BE)

$F_{\max} = D_F \cdot s \approx 6000 \text{ N/m} \cdot 0,928 \text{ m} \approx 5,6 \text{ kN}$ (1 BE)

3 1.4 Für $h' = 4,0 \text{ m}$: $s' = \frac{m g + \sqrt{(m g)^2 + 2 D_F m g h'}}{D_F} \approx 1,2 \text{ m}$, $F'_{\max} = D_F s' \approx 7,5 \text{ kN}$ (1 BE)

$\frac{F'_{\max}}{F_{\max}} \approx 1,3$ – die Kraft steigt nur um etwa ein Drittel, nicht auf das Doppelte. (1 BE)

Die Behauptung ist falsch: Die doppelte Lageenergie verteilt sich auf eine größere Dehnung; da die Spannenergie quadratisch mit s wächst, wächst die Kraft $F = D_F s$ nur etwa mit der Wurzel der Fallhöhe. (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Während des freien Falls ist die Beschleunigung des Dachdeckers gleich der Fallbeschleunigung.	x		
Im tiefsten Punkt ist der Dachdecker in Ruhe, also wirken dort keine resultierenden Kräfte auf ihn. ($5,6 \text{ kN} > 0,88 \text{ kN}$)		x	
Ein Verbindungsmittel größerer Federhärte würde die größte Kraft auf den Dachdecker verringern.		x	
Der Gurt hält diesem Sturz stand. (Belastbarkeit nicht angegeben)			x

2 **2.1** $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi\sqrt{\frac{90 \text{ kg}}{6000 \text{ N/m}}} \approx 0,77 \text{ s}$ (2 BE)

3 **2.2** In der Gleichgewichtslage ist das Verbindungsmittel um s_0 gedehnt:
 $D s_0 = m g, s_0 = \frac{mg}{D} \approx 0,15 \text{ m}.$ (1 BE)

Bei einer Auslenkung y aus der Gleichgewichtslage (nach oben positiv) gilt für die resultierende Kraft $F = D(s_0 - y) - m g = -D y.$ (1 BE)

Die Rückstellkraft ist proportional zur Auslenkung und ihr entgegengerichtet (lineares Kraftgesetz) – die Schwingung ist harmonisch; die Gewichtskraft verschiebt nur die Gleichgewichtslage. (1 BE)

Korrekturhinweis: Gilt, solange das Verbindungsmittel gespannt bleibt ($\hat{y} < s_0$).

3 **2.3** $T' = 2\pi\sqrt{\frac{m'}{D}} \Rightarrow m' = \frac{D T'^2}{4\pi^2}$ (1 BE)

$m' = \frac{6000 \text{ N/m} \cdot (0,70 \text{ s})^2}{4\pi^2} \approx 74 \text{ kg}$ (2 BE)

4 **2.4** Diagramm A ist richtig: Start im unteren Umkehrpunkt ($y = -12 \text{ cm}$), Periodendauer $0,77 \text{ s}$, abnehmende Ausschläge. (1 BE)

B: Die Ausschläge bleiben gleich (keine Dämpfung). (1 BE)

C: Der Graph beginnt im oberen Umkehrpunkt ($y = +12 \text{ cm}$). (1 BE)

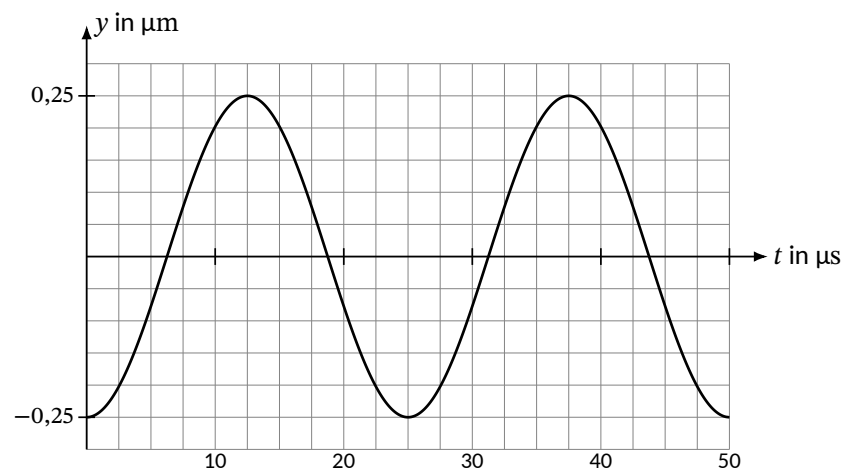
Die Schwingungsenergie wird durch Reibung im Falldämpfer und Luftwiderstand allmählich in innere Energie umgewandelt. (1 BE)

30

BE			
2	1.1	$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A s/(V m)} \cdot \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{15 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \approx 88,5 \text{ pF}$	(2 BE)
2	1.2	$Q = C U = 88,5 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot 200 \text{ V} \approx 18 \text{ nC}$	(1 BE)
		$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot 88,5 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot (200 \text{ V})^2 \approx 1,8 \mu\text{J}$	(1 BE)
3	1.3	$C_{16} = \epsilon_0 \frac{A}{16 \mu\text{m}} \approx 83,0 \text{ pF}, C_{14} = \epsilon_0 \frac{A}{14 \mu\text{m}} \approx 94,8 \text{ pF}$	(1 BE)
		$Q = C U: Q_{\min} \approx 17 \text{ nC}, Q_{\max} \approx 19 \text{ nC}$	(1 BE)
		Die Ladung schwankt zwischen 17 nC und 19 nC (um etwa $\pm 7\%$).	(1 BE)
3	1.4	Bei konstanter Spannung ändert sich mit dem Plattenabstand die Kapazität und damit die Ladung $Q = C U$.	(1 BE)
		Die Ladungsänderung ist nur möglich, wenn Ladung über die Zuleitungen und damit durch R zu- und abfließt: Es fließt ein Strom, dessen Richtung sich im Takt der Membranschwingung umkehrt.	(1 BE)
		Der Strom ändert sich mit der Frequenz des Echos (Frequenz der Membranschwingung).	(1 BE)
3	1.5	$C' = \epsilon_0 \frac{A}{d'} \Rightarrow d' = \epsilon_0 \frac{A}{C'}$	(1 BE)
		$d' = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A s/(V m)} \cdot \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{100 \cdot 10^{-12} \text{ F}} \approx 13 \mu\text{m}$	(1 BE)
		Der Plattenabstand muss auf etwa $13 \mu\text{m}$ verkleinert werden (kleiner als $15 \mu\text{m}$).	(1 BE)
3	1.6	Aufbau: Plattenkondensator mit seitlich verschiebbarer Platte bei festem Abstand d (die wirksame Fläche A ist die Überlappung der Platten), Spannungsquelle mit bekannter Spannung U , Messverstärker bzw. Ladungsmessgerät (alternativ Kapazitätsmessgerät).	(1 BE)
		Messgrößen: Für mehrere Überlappungsflächen A wird der Kondensator auf U geladen und die Ladung Q gemessen; $C = \frac{Q}{U}$.	(1 BE)
		Auswertung: C über A auftragen; liegen die Punkte auf einer Ursprungsgeraden, gilt $C \sim A$. Kleine Überlappungen vermeiden (Randeffekte).	(1 BE)
		Korrekturhinweis: Andere sinnvolle Verfahren (z. B. Platten verschiedener Größe, Entladestrom) sind gleichwertig.	
2	2.1	$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{40 \cdot 10^3 \text{ Hz}} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 8,5 \text{ mm}$	(2 BE)
3	2.2	Start im unteren Umkehrpunkt: $y(t) = -\hat{y} \cos(\omega t)$	(1 BE),
		$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 40 \text{ kHz} \approx 2,5 \cdot 10^5 \text{ 1/s}$	(1 BE)
		$y(t) = -0,25 \mu\text{m} \cdot \cos(2\pi \cdot 40 \text{ kHz} \cdot t)$	(1 BE)
3	2.3	$\hat{v} = \omega \hat{y} = 2\pi \cdot 40 \cdot 10^3 \text{ Hz} \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 63 \text{ mm/s}$	(1 BE)
		$\hat{a} = \omega^2 \hat{y} = (2\pi \cdot 40 \cdot 10^3 \text{ Hz})^2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 16 \text{ km/s}^2$	(2 BE)
3	2.4	(G) $T = \frac{1}{f} = 25 \mu\text{s}$: zwei volle Perioden, Start im unteren Umkehrpunkt, Amplitude $0,25 \mu\text{m}$.	(3 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE



3

2.5 Bei gleicher Amplitude ist ω nur halb so groß.

(1 BE)

 $\hat{v} = \omega \hat{y}$: Die größte Geschwindigkeit halbiert sich.

(1 BE)

 $\hat{a} = \omega^2 \hat{y}$: Die größte Beschleunigung sinkt auf ein Viertel.

(1 BE)

30

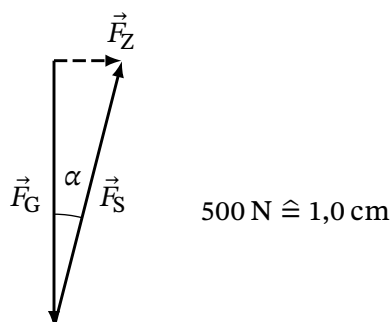
BE

2 **1.1** $v = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ (1 BE); $F_Z = \frac{m v^2}{r} = \frac{180 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s})^2}{40 \text{ m}} = 0,45 \text{ kN}$ (1 BE)

2 **1.2** Auf den Roller wirken die Gewichtskraft (im Schwerpunkt) und die Kraft der Straße (am Reifen). Ihre Resultierende muss die waagrechte, zum Kurvenmittelpunkt gerichtete Zentripetalkraft sein. (1 BE)

Das gelingt ohne Kippen nur, wenn die Kraft der Straße längs der Verbindungslinie Reifen-Schwerpunkt wirkt: Der Fahrer muss sich so weit in die Kurve legen, dass diese Linie in Richtung der Kraft der Straße zeigt. (1 BE)

4 **1.3** (G) Kräfteplan (Maßstab $500 \text{ N} \hat{=} 1,0 \text{ cm}$): $F_G = m g \approx 1\,766 \text{ N}$ ($\hat{=} 3,5 \text{ cm}$ senkrecht nach unten), $F_Z = 0,45 \text{ kN}$ ($\hat{=} 0,9 \text{ cm}$ waagrecht zum Kurvenmittelpunkt); die Kraft der Straße $\vec{F}_S$ schließt das Dreieck: $\vec{F}_G + \vec{F}_S = \vec{F}_Z$. (2 BE)



Gemessen: $\alpha \approx 14^\circ$ gegenüber der Senkrechten (Kontrolle: $\tan \alpha = \frac{F_Z}{F_G}$). (2 BE)

Korrekturhinweis: Winkel zwischen 13° und 15° sind zu akzeptieren.

3 **1.4** Die Haftkraft ist die Zentripetalkraft: $F_H = \frac{m v_{\max}^2}{r}$ (1 BE)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{F_H r}{m}} = \sqrt{\frac{1\,200 \text{ N} \cdot 40 \text{ m}}{180 \text{ kg}}} \approx 16 \text{ m/s} \quad (1 \text{ BE}) \approx 59 \text{ km/h} \quad (1 \text{ BE})$$

3 **1.5** $v_{\max} \sim \sqrt{F_H}$: Bei halber Haftkraft sinkt die Höchstgeschwindigkeit auf das $\frac{1}{\sqrt{2}}$ -fache, also um etwa 30 %. (1 BE)

$$v_{\text{nass}} = \sqrt{\frac{600 \text{ N} \cdot 40 \text{ m}}{180 \text{ kg}}} \approx 11,5 \text{ m/s} \approx 42 \text{ km/h} \quad (1 \text{ BE})$$

Die Empfehlung reicht nicht: Um ein Fünftel langsamer wären $0,8 \cdot 59 \text{ km/h} \approx 47 \text{ km/h} > 42 \text{ km/h}$ – der Roller würde bei Nässe in dieser Kurve wegrutschen. Nötig ist eine Verringerung um mindestens etwa 30 %. (1 BE)

3 **2.1** Nähert sich der Magnet der Spule, nimmt der magnetische Fluss durch die Spule zu; entfernt er sich, nimmt der Fluss wieder ab. (1 BE)

Nur während sich der Fluss ändert, wird eine Spannung induziert; die übrige Zeit (Magnet weit weg) ist $U = 0$. (1 BE)

Zunahme und Abnahme des Flusses haben entgegengesetzte Vorzeichen von $\dot{\Phi}$, deshalb wechselt die induzierte Spannung $U = -N\dot{\Phi}$ bei jedem Vorbeilauf ihr Vorzeichen. (1 BE)

3 **2.2** Abstand aufeinanderfolgender Pulse (über mehrere Pulse gemessen): $T = \frac{0,60 \text{ s}}{3} = 0,20 \text{ s}$ (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE	
	In dieser Zeit legt das Rad einen Umfang zurück: $v = \frac{u}{T} = \frac{1,50 \text{ m}}{0,20 \text{ s}}$ (1 BE) = 7,5 m/s (= 27 km/h) (1 BE)
3	2.3 Diagramm C ist richtig. (1 BE) Bei halber Geschwindigkeit folgen die Pulse im doppelten zeitlichen Abstand aufeinander (A, C). (1 BE) Der Magnet läuft halb so schnell an der Spule vorbei: Der Fluss ändert sich in der doppelten Zeit um denselben Betrag, $\dot{\Phi}$ und damit die Spannung sind halb so groß, die Pulse doppelt so breit (nur C; B hat den falschen Abstand). (1 BE)
3	2.4 Der Tachometer rechnet $v_{\text{Anzeige}} = \frac{1,60 \text{ m}}{0,20 \text{ s}} = 8,0 \text{ m/s}$ (1 BE) Abweichung: $\frac{8,0 \text{ m/s} - 7,5 \text{ m/s}}{7,5 \text{ m/s}} \approx +6,7 \%$ (1 BE) Die Anzeige ist bei jeder Geschwindigkeit um etwa 6,7 % zu hoch (systematischer Fehler; auch die angezeigte Strecke ist zu lang). (1 BE)
2	2.5 $U = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 400 \cdot \frac{6,0 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}}{4,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 0,60 \text{ V}$ (2 BE)
2	2.6 Mit vertauschten Polen ändert sich der Fluss mit umgekehrtem Vorzeichen: Jeder Puls ist an der t-Achse gespiegelt (erst negativ, dann positiv). (1 BE) Abstand, Höhe und Breite der Pulse bleiben gleich. (1 BE)
30	