

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 001 (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 (G) Waagrecht legt der Ball zwischen zwei Aufnahmen jeweils $\Delta x = 0,30 \text{ m}$ zurück (gleichförmige Bewegung).

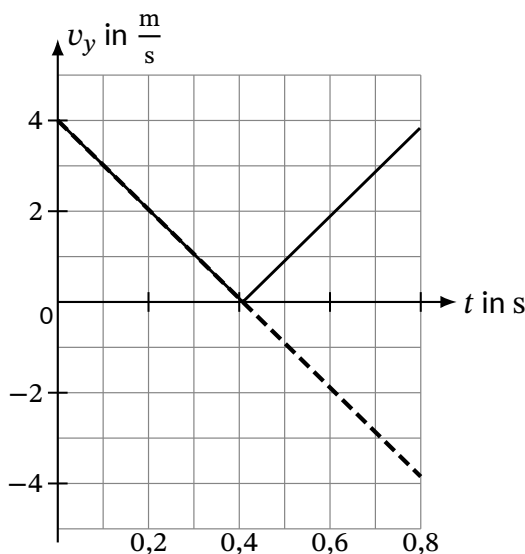
(1 BE)

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0,30 \text{ m}}{0,10 \text{ s}} = 3,0 \text{ m/s}$$

(1 BE)

- 3 1.2 (G) Der Graph zeigt den Betrag $|v_y|$. Die Koordinate v_y nimmt jedoch gleichmäßig ab ($a_y = -g$), ist im höchsten Punkt ($t \approx 0,41 \text{ s}$) null und danach negativ, weil sich der Ball nach unten bewegt. (2 BE)

Korrekturer Graph: Gerade mit der Steigung $-g$ von $4,0 \text{ m/s}$ bei $t = 0$ bis $\approx -3,8 \text{ m/s}$ bei $t = 0,80 \text{ s}$ (gestrichelt).

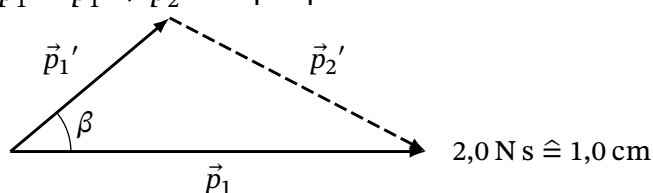


Skizze

(1 BE)

- 4 2.1 (G) Impulse: $p_1 = m v_1 = 11 \text{ N s}$ ($\hat{=} 5,5 \text{ cm}$), $p_1' = m v_1' = 5,5 \text{ N s}$ ($\hat{=} 2,75 \text{ cm}$ unter β). (1 BE)

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



Gemessen: $|\vec{p}_2'| \hat{=} 3,8 \text{ cm}$, also $p_2' \approx 7,7 \text{ N s}$ und $v_2' = \frac{p_2'}{m} \approx 1,4 \text{ m/s}$ (1 BE)

Korrekturhinweis: Werte für v_2' zwischen $1,3 \text{ m/s}$ und $1,5 \text{ m/s}$ sind zu akzeptieren.

- 3 2.2 (G) Die kinetische Energie wird vollständig in Reibungsarbeit umgewandelt:

$$\frac{1}{2} m v_2'^2 = \mu m g s$$

(1 BE)

$$\mu = \frac{v_2'^2}{2 g s} = \frac{(1,4 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m}} \approx 0,010$$

(2 BE)

Alternativ über $a = \frac{v^2}{2s}$ und $\mu = \frac{a}{g}$.

- 4 3.1 (G) Die Gravitationskraft ist die Zentripetalkraft:

$$G \frac{m M_E}{r^2} = \frac{m v^2}{r} \text{ mit } r = R_E + h = 6,79 \cdot 10^6 \text{ m}$$

(1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

$$v = \sqrt{\frac{GM_E}{r}} = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2) \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6,79 \cdot 10^6 \text{ m}}} \approx 7,7 \text{ km/s} \quad (2 \text{ BE})$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot 6,79 \cdot 10^6 \text{ m}}{7,66 \cdot 10^3 \text{ m/s}} \approx 5,57 \cdot 10^3 \text{ s} \approx 93 \text{ min} \quad (1 \text{ BE})$$

2 3.2 (G) Kleiner. (1 BE)

Nach $v = \sqrt{\frac{GM_E}{r}}$ nimmt der Betrag der Bahngeschwindigkeit mit wachsendem Bahnradius ab: Die Gravitationskraft wird mit wachsendem r kleiner und kann nur eine kleinere Zentripetalkraft aufbringen. (1 BE)

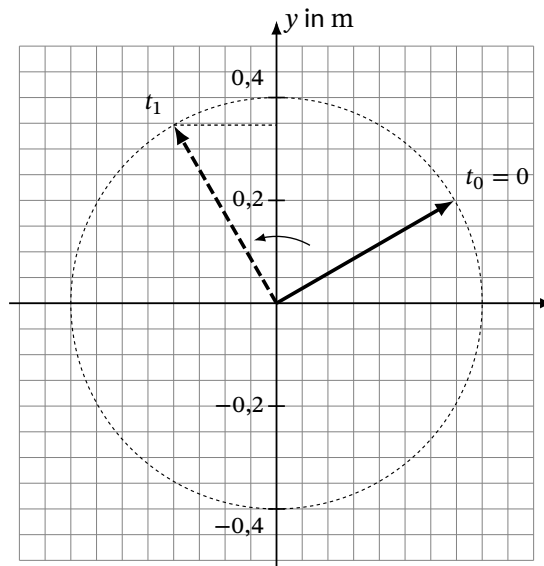
3 4.1 (G) $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2} \text{ s}^{-1} \approx 1,6 \text{ 1/s}$; (2 BE)

aus dem Zeigerdiagramm: Anfangswinkel $\varphi_0 = 30^\circ = \frac{\pi}{6}$ (1 BE)

$$y(t) = 0,40 \text{ m} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \text{ s}^{-1} \cdot t + \frac{\pi}{6}\right) \quad (1 \text{ BE})$$

3 4.2 (G) In $t_1 = 1,0 \text{ s} = \frac{1}{4}T$ dreht sich der Zeiger um 90° weiter auf 120° . (1 BE)

$$y(t_1) = 0,40 \text{ m} \cdot \sin 120^\circ \approx 0,35 \text{ m} \quad (1 \text{ BE})$$



Zeiger (1 BE)

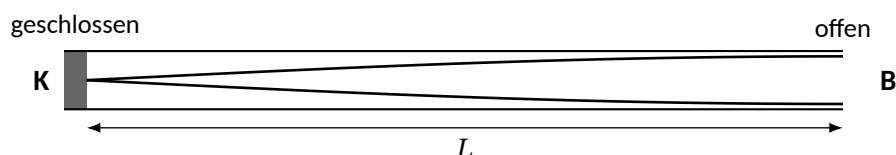
3 5.1 (G) $E = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = \frac{600 \text{ V}}{0,040 \text{ m}} = 15 \text{ kV/m}$ (2 BE)

$\vec{E}$ zeigt in Richtung abnehmenden Potentials, also in negative x -Richtung (zur geerdeten Platte). (1 BE)

2 5.2 (G) $\Delta\varphi = \varphi(x_2) - \varphi(x_1) = 450 \text{ V} - 150 \text{ V} = 300 \text{ V}$ (1 BE)

$$\Delta E_{\text{pot}} = q \cdot \Delta\varphi = 2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 300 \text{ V} = 9,6 \cdot 10^{-17} \text{ J (Zunahme)} \quad (1 \text{ BE})$$

2 6.1 (G) Am geschlossenen Ende ein Schwingungsknoten, am offenen Ende ein Schwingungsbauch; dazwischen weder Knoten noch Bauch (Grundschiwingung: $L = \frac{1}{4}\lambda$).

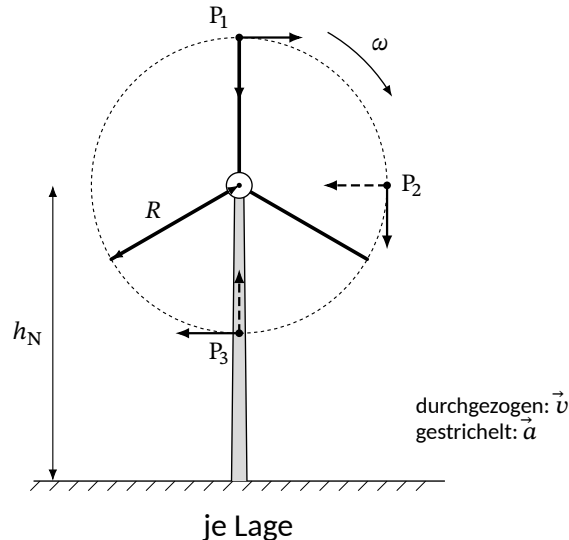


Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

2 **1.1** $\omega = 2\pi \cdot \frac{15,0}{60\text{ s}} = 1,57\text{ 1/s}$ (1 BE); $v = \omega \cdot R = 1,57\text{ s}^{-1} \cdot 50,0\text{ m} = 78,5\text{ m/s}$ (1 BE)

- 3 **1.2** (G) Geschwindigkeit tangential im Drehsinn (im Uhrzeigersinn), Beschleunigung zum Mittelpunkt (Zentripetalbeschleunigung).



3 **1.3** $a_Z = \frac{v^2}{R} = \frac{(78,5\text{ m/s})^2}{50,0\text{ m}} \approx 123\text{ m/s}^2$ (1 BE); $F_Z = m \cdot a_Z \approx 62\text{ N}$ (1 BE)
 $F_Z > F_H$: Die Haftkraft reicht nicht aus, um den Eisbrocken auf der Kreisbahn zu halten. (1 BE)

4 **1.4.1** Waagrechter Wurf aus der Höhe $h = h_N + R = 150\text{ m}$ mit $v_0 = 78,5\text{ m/s}$: (1 BE)
 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 150\text{ m}}{9,81\text{ m/s}^2}} \approx 5,53\text{ s}$ (1 BE); $x = v_0 \cdot t = 78,5\text{ m/s} \cdot 5,53\text{ s} \approx 434\text{ m}$ (2 BE)

- 3 **1.4.2** Empfehlung: $1,5 \cdot (100\text{ m} + 100\text{ m}) = 300\text{ m}$, also deutlich weniger als die berechneten 434 m. (1 BE)
 Das Modell vernachlässigt den Luftwiderstand; flache Eisbrocken werden stark abgebremst und fliegen viel weniger weit. Die Rechnung liefert nur eine obere Grenze. (1 BE)

Die Empfehlung ist damit plausibel; sie beruht auf beobachteten Wurfweiten und berücksichtigt den Luftwiderstand. (1 BE)

Korrekturhinweis: Begründete Urteile in beide Richtungen sind zu akzeptieren, wenn die Modellannahme (kein Luftwiderstand) einbezogen wird.

3 **2.1** Im Diagramm: drei Perioden in 12 s, also $T = 4,0\text{ s}$ (1 BE)
 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_G}{D}} \Rightarrow D = \frac{4\pi^2 m_G}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 1,5 \cdot 10^5\text{ kg}}{(4,0\text{ s})^2} \approx 3,7 \cdot 10^5\text{ N/m}$ (2 BE)

2 **2.2** $a_{\max} = \omega^2 \hat{x}$ und $v_{\max} = \omega \hat{x} \Rightarrow v_{\max} = \frac{a_{\max}}{\omega} = \frac{0,40\text{ m/s}^2}{2\pi/4,0\text{ s}} \approx 0,25\text{ m/s}$ (2 BE)

- 3 **2.3** Resonanz: Wird ein schwingungsfähiges System periodisch mit einer Frequenz angeregt, die mit seiner Eigenfrequenz übereinstimmt, so wird ihm in jeder Periode Energie zugeführt und die Amplitude wird sehr groß. (1 BE)
 Anregung: $f = \frac{15,0}{60\text{ s}} = 0,25\text{ Hz}$; Eigenfrequenz: $f_0 = \frac{1}{T} = 0,25\text{ Hz}$ (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Die Frequenzen stimmen überein – ein Dauerbetrieb bei dieser Drehzahl ist bedenklich; die Steuerung muss diese Drehzahl meiden oder rasch durchfahren. (1 BE)

4

2.4

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Bei doppelter Masse von Gondel und Rotor verdoppelt sich die Periodendauer. ($T \sim \sqrt{m}$)		x	
In den Umkehrpunkten der Schwingung ist der Betrag der Beschleunigung der Gondel maximal.	x		
Die Periodendauer der Schwingung hängt nicht von der Amplitude ab.	x		
Bei einem Orkan schwingt die Gondel mit einer Amplitude von mehr als 1 m. (keine Angabe)			x

3

2.5 Die Energie der Schwingung ist gleich der maximalen kinetischen Energie: (1 BE)

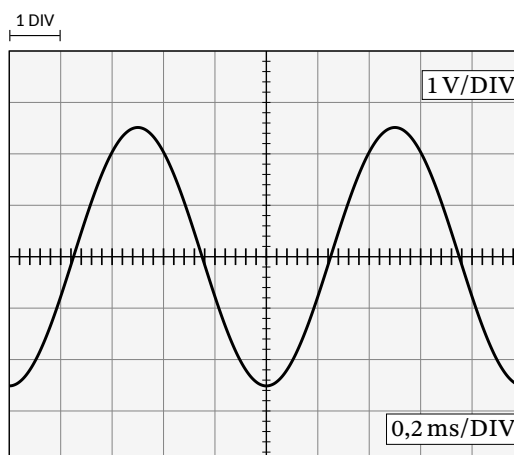
$$E = \frac{1}{2} m_G v_{\max}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot (0,25 \text{ m/s})^2 \approx 4,7 \text{ kJ} \quad (2 \text{ BE })$$

Korrekturhinweis: Mit $v_{\max} = 0,255 \text{ m/s}$ ergibt sich 4,9 kJ; beide Werte sind richtig.

30

BE

- 3 **1.1** Fluss durch eine Windung: $\Phi(t) = B(t) \cdot A = \hat{B} A \sin(\omega t)$ (A konstant, Feldlinien senkrecht zur Querschnittsfläche) (1 BE)
 $U(t) = -N \cdot \dot{\Phi}(t) = -N \hat{B} A \omega \cdot \cos(\omega t)$ (1 BE)
 Der Betrag ist maximal für $|\cos(\omega t)| = 1$: $\hat{U} = N \cdot \hat{B} \cdot A \cdot \omega$ (1 BE)
- 2 **1.2** $\hat{U} = 400 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2\pi \cdot 1,0 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} \approx 2,5 \text{ V}$ (2 BE)
- 3 **1.3** (G) $T = \frac{1}{f} = 1,0 \text{ ms} \hat{=} 5 \text{ DIV}$; $\hat{U} \hat{=} 2,5 \text{ DIV}$; Verlauf $U(t) = -\hat{U} \cos(\omega t)$:



- Periode (1 BE) Amplitude (1 BE) Form/Start (1 BE)
- 2 **1.4** Bei Gleichstrom ist das Magnetfeld in der Spule konstant, der magnetische Fluss ändert sich nicht ($\dot{\Phi} = 0$). (1 BE)
 Damit wird keine Spannung induziert – zum Laden ist ein zeitlich veränderliches Magnetfeld nötig. (1 BE)
- 3 **1.5** Wirksam ist nur die Komponente der Flussdichte parallel zur Spulenachse:
 $\Phi = B \cdot A \cdot \cos 30^\circ$. (1 BE)
 $\hat{U}' = \hat{U} \cdot \cos 30^\circ = 2,5 \text{ V} \cdot 0,866 \approx 2,2 \text{ V}$ (1 BE)
 $\hat{U}' > 2,0 \text{ V}$: Die Zahnbürste wird noch geladen. (1 BE)
- 5 **2.1** Werte $\frac{1}{d}$ in 1/m: 1000; 500; 333; 250; 200. (1 BE)
 Im $\frac{1}{d}$ -C-Diagramm liegen die Punkte für kleine Abstände (große $\frac{1}{d}$) auf einer Ursprungsgeraden, also gilt dort $C \sim \frac{1}{d}$. (2 BE)
 Steigung $k = C \cdot d \approx 3,6 \cdot 10^{-13} \text{ F m}$; wegen $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ gilt
 $\epsilon_0 = \frac{k}{A} = \frac{3,6 \cdot 10^{-13} \text{ F m}}{0,040 \text{ m}^2} \approx 9,0 \cdot 10^{-12} \text{ A s/(V m)}$ (2 BE)
 Korrekturhinweis: Werte zwischen $8,6 \cdot 10^{-12} \text{ A s/(V m)}$ und $9,2 \cdot 10^{-12} \text{ A s/(V m)}$ sind zu akzeptieren; Lösungen ohne Diagramm höchstens 2 BE.
- 3 **2.2** $C = \epsilon_r \cdot C_{\text{Luft}}$ mit $C_{\text{Luft}} = 180 \text{ pF}$ (Messwert bei $d = 2,0 \text{ mm}$) (1 BE)
 $\epsilon_r = \frac{C}{C_{\text{Luft}}} = \frac{1,26 \text{ nF}}{0,180 \text{ nF}} = 7,0$ (2 BE)
 Alternativ mit $C_{\text{Luft}} = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 177 \text{ pF}$: $\epsilon_r \approx 7,1$.
- 4 **2.3** $E = \frac{U}{d} = \frac{3,3 \text{ V}}{0,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 6,6 \text{ kV/m}$ (2 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A s/(V m)} \cdot 7,0 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}{0,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \approx 3,1 \text{ pF};$$

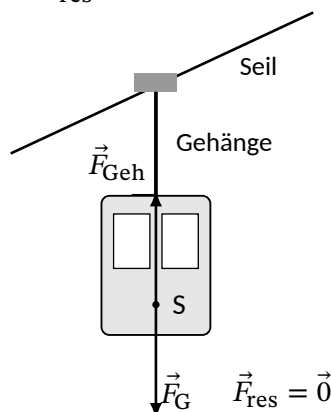
$$W_{\text{el}} = \frac{1}{2} C U^2 \approx 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ J} \quad (2 \text{ BE})$$

- 2 **2.4** Der Finger ist ein elektrischer Leiter (über den Körper mit der Umgebung verbunden) und wirkt wie eine zusätzliche Kondensatorplatte nahe der Elektrode. (1 BE)
Dadurch ändern sich das elektrische Feld und die Kapazität der Zelle; die Elektronik misst diese Änderung. (1 BE)
- 3 **2.5** Das Modell gilt, solange der Plattenabstand klein gegen die Abmessungen der Platten ist (hier 20 cm) und das Feld zwischen den Platten homogen ist. (1 BE)
Bei größerem Abstand reicht das Feld merklich über den Plattenrand hinaus (Randfeld); die Platten tragen dann bei gleicher Spannung mehr Ladung, die Kapazität ist größer als berechnet. (1 BE)
Für die Bestimmung von ε_0 sind daher nur die Messwerte bei kleinem Abstand geeignet. (1 BE)

30

BE

- 3 1.1 (G) Gewichtskraft $\vec{F}_G$ und Kraft $\vec{F}_{\text{Geh}}$ des Gehänges greifen im Schwerpunkt an, sind gleich groß und entgegengesetzt; $\vec{F}_{\text{res}} = \vec{0}$ (konstante Geschwindigkeit).



Kräfte

(2 BE) $F_{\text{res}} = 0$

(1 BE)

- 2 1.2 Die Behauptung ist falsch. (1 BE)
Die Gondel bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit; nach dem Beharrungsprinzip ist die resultierende Kraft null, die Kraft des Gehänges ist also genauso groß wie die Gewichtskraft. (1 BE)

- 3 1.3 Die kinetische Energie bleibt gleich; ohne Reibung muss mindestens die Hubarbeit verrichtet werden: (1 BE)
 $W = m \cdot g \cdot \Delta h = 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 600 \text{ m} \approx 4,7 \text{ MJ}$ (2 BE)

- 3 1.4.1 Im Diagramm: fünf Perioden in 18 s, also $T = 3,6 \text{ s}$ (1 BE)
 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (1 BE) $\Rightarrow l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (3,6 \text{ s})^2}{4\pi^2} \approx 3,2 \text{ m}$ (1 BE)

- 2 1.4.2 Gleiche Periodendauer. (1 BE)
Nach $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ hängt die Periodendauer des Fadenpendels nicht von der Masse ab. (1 BE)

- 2 1.4.3 Bei der Schwingung wird ständig potenzielle in kinetische Energie umgewandelt und umgekehrt. (1 BE)
Die Amplitude nimmt ab, weil durch Luftreibung und Reibung in der Aufhängung mechanische Energie in innere Energie umgewandelt wird (gedämpfte Schwingung). (1 BE)

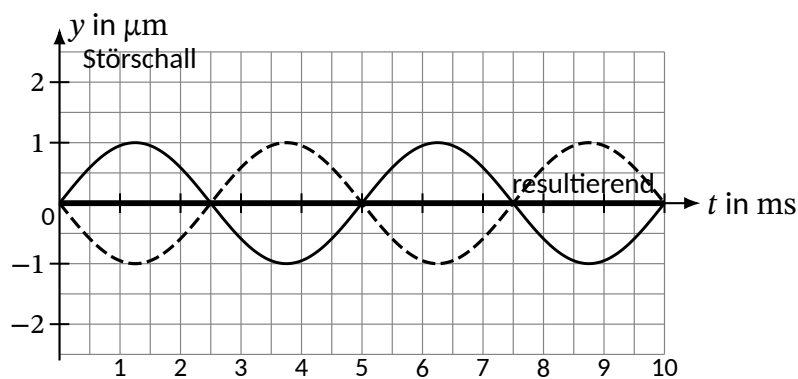
- 2 2.1 $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{200 \text{ Hz}} = 1,7 \text{ m}$ (2 BE)

- 3 2.2 Der Gegenschall muss am Ohr die gleiche Frequenz und die gleiche Amplitude wie der Störschall haben (1 BE) und jederzeit die entgegengesetzte Auslenkung erzeugen (Zeiger um 180° verdreht). (1 BE)
Dann ist die Summe der Auslenkungen stets null (destruktive Überlagerung). (1 BE)

- 3 2.3 (G) Gegenschall gestrichelt, resultierende Auslenkung dick:

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE



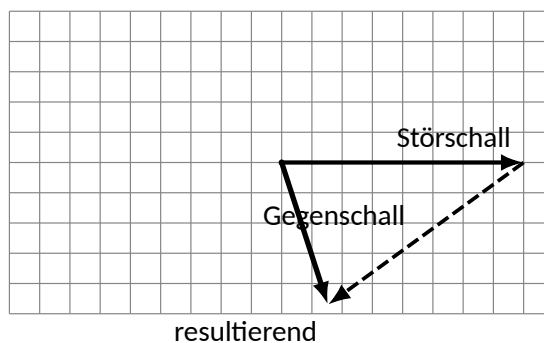
Gegenschall

(1 BE)

Summe

(2 BE)

- 4 2.4 (G) Winkel: $\Delta\varphi = 360^\circ \cdot f \cdot \Delta t = 360^\circ \cdot 200 \text{ Hz} \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 36^\circ$ (1 BE)
 Der Zeiger des Gegenschalls (gleiche Länge) ist um $180^\circ + 36^\circ$ gegen den Störschall verdreht; Zeigeraddition: (2 BE)



Gemessen: 2,5 cm von 4,0 cm, also etwa 62 % der Amplitude des Störschalls. (1 BE)

Korrekturhinweis: Werte zwischen 58 % und 66 % sind zu akzeptieren

(rechnerisch: $2 \sin 18^\circ \approx 0,62$).

- 3 2.5 Bei $f = 1,0 \text{ kHz}$: $\Delta\varphi = 360^\circ \cdot 1\,000 \text{ Hz} \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 180^\circ$. (1 BE)
 Der Zeiger des Gegenschalls ist um $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$ verdreht, Gegenschall und Störschall sind gleichphasig – der Ton wird verstärkt (doppelte Amplitude) statt abgeschwächt. (1 BE)
 Die Angabe ist zutreffend: Wegen der festen Verzögerung wirkt die Unterdrückung nur bei tiefen Frequenzen. (1 BE)

30