

Maschinendynamik SS 2022
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - selbstständige Lösung
 - keine weiteren Einschränkungen

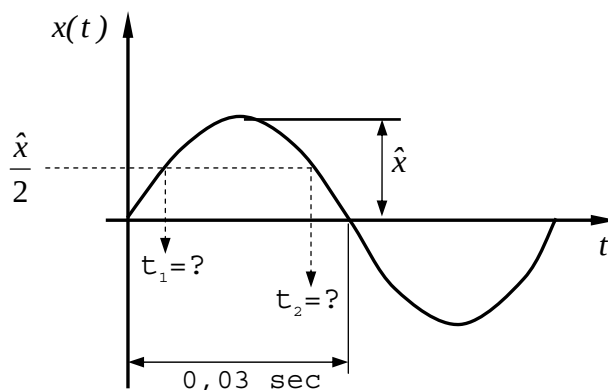
Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Summe	

Aufgabe 1 (14P)

Die Schwingung beginnt zum Zeitpunkt $t=0$ in der Nullstelle. Allgemein kann man eine solche Schwingung schreiben als $x = x(t) = A \cdot \sin(\omega t) + B \cdot \cos(\omega t)$. Hier ist $\hat{x} = 4 \text{ mm}$

- a. Bestimmen Sie die beiden Zeiten t_1 und t_2 , wo die momentane Auslenkung genau halb so groß ist wie die maximale Auslenkung (siehe Skizze)!
- b. Es handelt sich um die Schwingung eines Feder-Masse-Systems (eine Feder, eine Masse). Die maximale potentielle Energie oder kinetische Energie beträgt $0,4 \text{ J}$. Wie groß sind die Federsteifigkeit c und die Masse m ?



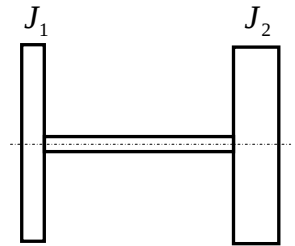
Aufgabe 2 (16P)

Eine drehschwingungsfähiges System besteht aus zwei Massenträgheitsmomenten und einer Verbindungswelle.

Geg.: $J_1 = 0,1 \text{ kgm}^2$; $J_2 = 0,2 \text{ kgm}^2$

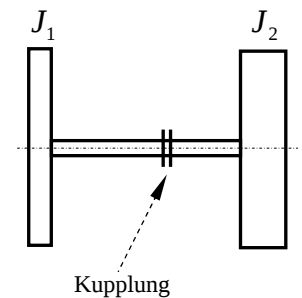
Welle Durchmesser 30 mm; Länge 400 mm; $G = 80000 \text{ N/mm}^2$

Hilfestellung: $I_p = \frac{\pi}{32} \cdot d^4$



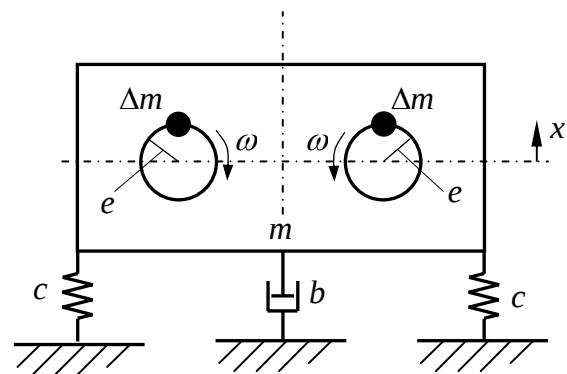
a. Bestimmen Sie die Drehsteifigkeit der Welle und die Eigenfrequenz [in Hz] des Systems!

b. Um Fluchtungsfehler auszugleichen, wird zusätzlich eine elastische Kupplung eingebaut. Die Lage der Kupplung im Wellenstrang ist hier ohne Bedeutung. Die Drehsteifigkeit der Kupplung beträgt $C_{D, \text{Kupplung}} = 11220 \text{ Nm/rad}$. Wie groß ist dann die Eigenfrequenz [in Hz] des Systems?



Aufgabe 3 (13P)

Die Abbildung zeigt einen gerichteten unwuchterregten Schwinger. Die Unwuchten drehen sich pro Sekunde 40 mal.



Die Bewegungsgleichung lautet: $m \cdot \ddot{x} = -2 \cdot c \cdot x - b \cdot \dot{x} + 2 \cdot \Delta m \cdot e \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$

Weitere gegebene Gleichung:
$$V_3 = \frac{\hat{x}}{\frac{2 \cdot \Delta m \cdot e}{m}} = \frac{\eta^2}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2 \cdot \vartheta \cdot \eta)^2}}$$

Gegeben: $\Delta m = 0,15 \text{ kg}$; $e = 20 \text{ mm}$; $m = 30 \text{ kg}$; $\eta = 1$; $\vartheta = 0,2$

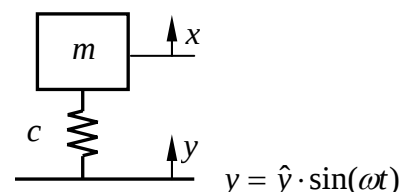
Bestimmen Sie die Schwingamplitude $\hat{x}$ sowie die Federsteifigkeit c !

Aufgabe 4 (10P)

Für das angegebene Schwingungssystem ist ein unterkritischer und ein überkritischer Fall zu untersuchen.

Zahlenwerte: $\hat{y} = 2 \text{ mm}$; $\hat{x} = 4 \text{ mm}$

Bestimmen Sie jeweils η und $\hat{x}_{rel}$!



Aufgabe 5 (12P)

Für das abgebildete System lässt sich folgende Matrizengleichung angeben:

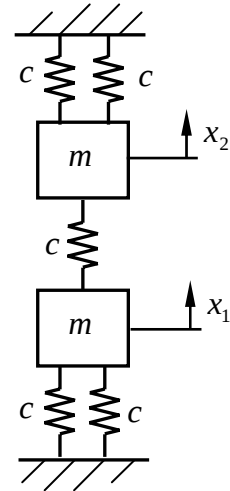
$$\begin{pmatrix} m & 0 \\ 0 & m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 \cdot c & -c \\ -c & 3 \cdot c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Nach einigen Rechenschritten führt der weitere Rechengang auf folgende Determinante, die zu Null gesetzt werden muss.

$$\begin{vmatrix} 3 \cdot c - m \cdot \omega^2 & -c \\ -c & 3 \cdot c - m \cdot \omega^2 \end{vmatrix} = 0$$

Setzen Sie diese Determinante gleich Null und bestimmen Sie die beiden Lösungen (Eigenkreisfrequenzen)!

Ziel der Rechnung: $\omega_{01}^2 = \dots \cdot \frac{c}{m}$ $\omega_{02}^2 = \dots \cdot \frac{c}{m}$



Aufgabe 6 (7P)

Ergänzen Sie in der Tabelle die 5 fehlenden Werte!

f [Hz]	L_p [dB]	L_p [dB(A)]
500	50	
630		56
800	53	
-/-		

Gesamtpegel [dB] bzw. [dB(A)]

Aufgabe 7 (6P)

Für die Schalleistungsquelle im Maschinenakustiklabor wurde durch Messung ein Schallleistungspegel von 91,5 dB(A) ermittelt. Diese Schalleistungsquelle wird in einem Raum betrieben. Im diffusen Schallfeld wird ein Pegel von 80,51 dB(A) ermittelt.

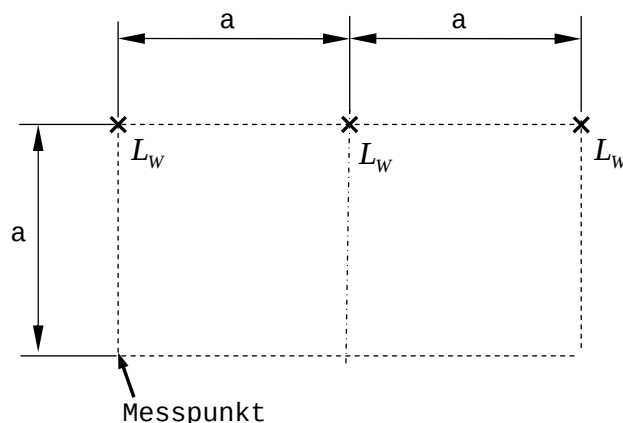
Bestimmen Sie die Absorptionsfläche und das Raumvolumen (sei $T = 0,652s$)!

Aufgabe 8 (8P)

Auf einer Ebene befinden sich gemäß der Skizze 3 identische Schallquellen mit jeweils $L_w = 92 \text{ dB}$.

Hinweis/Annahme:
Es gelten die Freifeldbedingungen auf einer schallharten Unterlage.

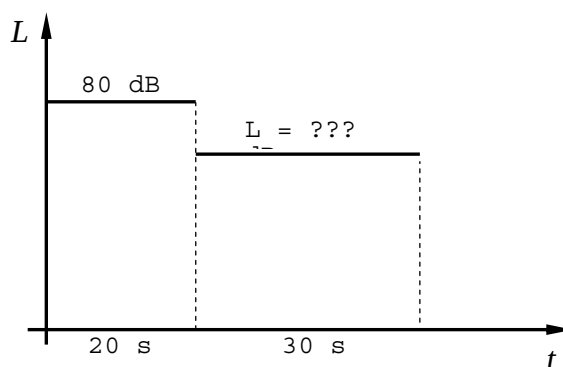
Geg.: $a = 12 \text{ m}$



Wie groß ist der Gesamtpegel am Messpunkt?

Aufgabe 9 (6P)

Für den abgebildeten Pegelverlauf beträgt der energieäquivalente Dauerschallpegel für die gesamten 50 Sekunden $L_{eq} = 78 \text{ dB}$. Wie muss dann der Pegel während den 30 Sekunden sein?



Aufgabe 10 (8P)

In einer Laborgruppe oder Vorlesung wurde in diesem Semester nach dem Schalldruckpegel in einem PKW gefragt. In einem VW IQ.3 (E-Auto) wurde bei einer Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h ein Pegel von $L_1 = 54 \text{ dB(A)}$ gemessen, bei 100 km/h waren es $L_2 = 66 \text{ dB(A)}$.

- Bestimmen Sie die Intensitäten I_1 und I_2 !
- Es soll angenommen werden, dass die Intensität mit einer Potenzfunktion der Geschwindigkeit anwächst. Welcher Wert ergibt sich für den Exponenten n ?

Ansatz: $\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^n$

Hilfestellung: $\lg \left(\frac{I_2}{I_1} \right) = n \cdot \lg \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$

Nebensächlich: Gemessen wurde mit einem Galaxy S7 mit kalibriertem Mikrofon (incl A-Bewertung). In einem VW-Touran Diesel sind die Werte um 3-4 dB(A) höher.

Prüfung Maschinendynamik 09.07.22

$$1) x = \hat{x} \cdot \sin \omega t = \hat{x} \cdot \sin \varphi$$

$$\frac{x}{\hat{x}} = \frac{1}{2} = \sin \varphi \Rightarrow \varphi = 30^\circ$$

$$\text{Dreisatz: } \left. \begin{array}{l} 30^\circ \hat{=} t_1 \\ 180^\circ \hat{=} 30 \text{ms} \end{array} \right\} t_1 = \underline{\underline{5 \text{ms}}}$$

$$\text{Symmetrie } t_2 = 30 \text{ms} - 5 \text{ms} = \underline{\underline{25 \text{ms}}}$$

$$b) E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} c \hat{x}^2 \Rightarrow c = \frac{2 \cdot E_{\text{pot}}}{\hat{x}^2} = \frac{2 \cdot 0,4}{0,004^2} \frac{\text{Nm}}{\text{m}} = \underline{\underline{50000 \frac{\text{Nm}}{\text{m}}}}$$

$$\omega_0^2 = \left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^2 = \frac{c}{m} \Rightarrow m = \frac{c}{\left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^2} = \frac{50000}{\left(\frac{2\pi}{2 \cdot 0,03} \right)^2} \text{kg} = \underline{\underline{4,559 \text{kg}}}$$

$$2) \varphi = \frac{M \cdot r}{G \cdot J_p} \Rightarrow G = \frac{M}{\varphi} = \frac{G \cdot J_p}{r}; J_p = \frac{\pi}{32} d^4$$

$$= \frac{80000 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{32} \cdot 0,03^4}{0,4} \frac{\text{Nm}}{\text{rad}} = \underline{\underline{15904 \frac{\text{Nm}}{\text{rad}}}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{G \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right)} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{15904 \left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,2} \right)} \text{Hz} = \underline{\underline{77,736 \text{Hz}}}$$

$$\frac{1}{G_{\text{ges}}} = \frac{1}{G} + \frac{1}{G_{\text{Kupplung}}} = \left(\frac{1}{15904} + \frac{1}{11220} \right) \frac{\text{rad}}{\text{Nm}} \Rightarrow G_{\text{ges}} = \underline{\underline{6578,8 \frac{\text{Nm}}{\text{rad}}}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{G_{\text{ges}} \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right)} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{6578,8 \left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,2} \right)} \text{Hz} = \underline{\underline{49,997 \text{Hz} \approx 50,0 \text{Hz}}}$$

$$3) V_3 = \frac{\hat{x}}{\frac{2 \sin \epsilon}{m}} = \frac{z^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\eta\zeta)^2}} = \frac{1}{2\zeta} \quad (\eta=1)$$

$$\hat{x} = \frac{2 \sin \epsilon}{m} \cdot \frac{1}{2\zeta} = \frac{0,15 \cdot 0,02}{30} \cdot \frac{1}{0,2} \text{m} = \underline{\underline{0,5 \text{mm}}}$$

$$\omega_0^2 = (2\pi f_0)^2 = \frac{2c}{m} \Rightarrow c = \frac{m}{2} (2\pi f_0)^2 = \frac{30}{2} (2\pi \cdot 40)^2 \frac{\text{N}}{\text{m}} = \underline{\underline{947,5 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}}}}$$

$\uparrow \zeta = f \text{ wegen } \eta=1$

Prüfung Maschinendynamik 09.07.22

2m4) $\eta < 1$

$$V_2 = \frac{1}{1-\eta^2} \Rightarrow 1-\eta^2 = \frac{1}{V_2}$$

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{1}{V_2}} = \sqrt{1 - \frac{1}{\frac{9}{2}}} = 0,707 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$x_{rel} = \hat{y} \cdot \frac{\eta^2}{1-\eta^2} \quad (V_3)$$

$$= 2 \text{ mm} \cdot \frac{0,707^2}{1-0,707^2}$$

$$= \underline{\underline{2 \text{ mm}}}$$

$\eta > 1$

$$V_2 = \frac{1}{\eta^2-1} \Rightarrow \eta^2-1 = \frac{1}{V_2}$$

$$\eta = \sqrt{1 + \frac{1}{V_2}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\frac{9}{2}}} = 1,22474$$

$$x_{rel} = \hat{y} \cdot \frac{\eta^2}{\eta^2-1}$$

$$= 2 \text{ mm} \cdot \frac{1,22474^2}{1,22474^2-1}$$

$$= \underline{\underline{6 \text{ mm}}}$$

Bem: Gegenphase $\hat{x}$ und $\hat{y}$

2m5) $(3c - m\omega^2)^2 - c^2 = 0$

$$9c^2 - 6cm\omega^2 + m^2\omega^4 - c^2 = 0$$

$$m^2\omega^4 - 6cm\omega^2 + 8c^2 = 0 \quad | \cdot \frac{1}{m^2}$$

$$\omega^4 - 6\frac{c}{m}\omega^2 + 8\frac{c^2}{m^2} = 0$$

$$\omega_{1,2}^2 = +3\frac{c}{m} \pm \sqrt{\left(3\frac{c}{m}\right)^2 - 8\frac{c^2}{m^2}} = 3\frac{c}{m} \pm \frac{c}{m}$$

$$\omega_{01}^2 = \underline{\underline{4\frac{c}{m}}}$$

$$\omega_{02}^2 = \underline{\underline{2\frac{c}{m}}}$$

2m6)

520	50	46,8
630	57,9	56
800	53	52,2
-/-	L_p	L_{pA}

$$50 - 3,2 = 46,8$$

$$56 + 1,9 = 57,9$$

$$53 - 0,8 = 52,2$$

$$L_p = 10 \cdot \lg(10^5 + 10^{57,9} + 10^{52,2}) \text{ dB} = 59,6195 \text{ dB} \approx \underline{\underline{59,6 \text{ dB}}}$$

$$L_{pA} = 10 \cdot \lg(10^{46,8} + 10^{56} + 10^{52,2}) \text{ dB(A)} = 57,867 \text{ dB(A)} \approx \underline{\underline{57,9 \text{ dB(A)}}}$$

Prüfung Maschinendynamik 09.07.22

$$m7) L_p = L_w + 6 \text{ dB} - 10 \cdot \lg A$$

$$10 \cdot \lg A = L_w + 6 \text{ dB} - L_p$$

$$A = 10^{0,1(L_w + 6 \text{ dB} - L_p)} = 10^{0,1(91,5 + 6 - 80,51)} = 50,00 \text{ m}^2$$

$$T = 0,163 \frac{V}{A} \Rightarrow V = \frac{T \cdot A}{0,163} = \frac{0,652 \cdot 50}{0,163} \text{ m}^3 = 200 \text{ m}^3$$

$$m8) L_{p1} = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r$$

$$= (92 - 8 - 20 \cdot \lg 12) \text{ dB} = 62,416 \text{ dB}$$

$$L_{p2} = (92 - 8 - 20 \cdot \lg (\sqrt{2} \cdot 12)) \text{ dB} = 59,406 \text{ dB}$$

$$L_{p3} = (92 - 8 - 20 \cdot \lg (\sqrt{12^2 + 12^2})) \text{ dB} = 55,427 \text{ dB}$$

$$L_{p_{ges}} = 10 \cdot \lg (10^{6,2416} + 10^{5,9406} + 10^{5,5427}) \text{ dB} = 64,721 \text{ dB} \approx \underline{\underline{64,7 \text{ dB}}}$$

$$m9) 10^{0,1 L_{p1}} \cdot T_{ges} = 10^{0,1 L_1} \cdot T_1 + 10^{0,1 L_2} \cdot T_2$$

$$L_2 = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{2} (10^{0,1 L_{p1}} \cdot T_{ges} - 10^{0,1 L_1} \cdot T_1) \right]$$

$$= 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{2} (10^{7,8} \cdot 505 - 10^8 \cdot 205) \right] \text{ dB} = 75,854 \text{ dB}$$

$$\approx \underline{\underline{75,9 \text{ dB}}}$$

$$m10) L_p = L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$$

$$I = I_0 \cdot 10^{0,1 L_I}$$

$$I_1 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10^{0,1 \cdot 57} = 2,512 \cdot 10^{-7} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I_2 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10^{0,1 \cdot 66} = 3,981 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$n = \frac{\lg \frac{I_2}{I_1}}{\lg \frac{v_2}{v_1}} = \frac{\lg \frac{3,981 \cdot 10^{-6}}{2,512 \cdot 10^{-7}}}{\lg \frac{100}{50}} = 3,986 \approx \underline{\underline{4,0}}$$