

Maschinendynamik SS 2023
 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 : _____

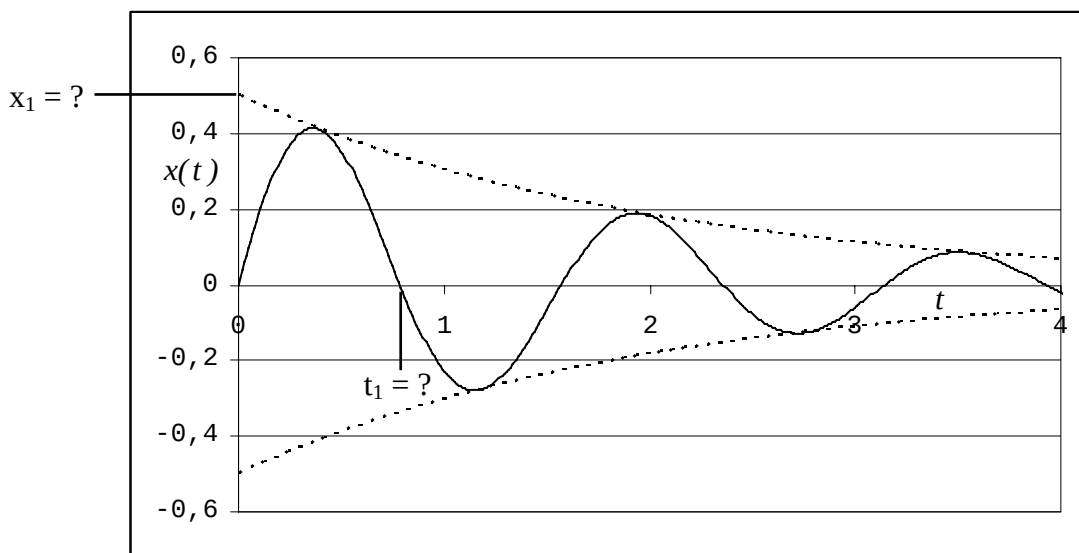
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Summe	

Aufgabe 1 (17P)

Die Abbildung zeigt eine abklingende Schwingung. Hier ist x über t aufgetragen. Die Anfangsauslenkung ist gleich Null. Die Anfangsgeschwindigkeit sei $v_0 = 2 \text{ m/s}$.

Ferner sei gegeben: $\delta = 0,5 \text{ s}^{-1}$; $\omega_d = 4 \text{ s}^{-1}$

Hilfestellung: $x(t) = \frac{v_0}{\omega_d} \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$

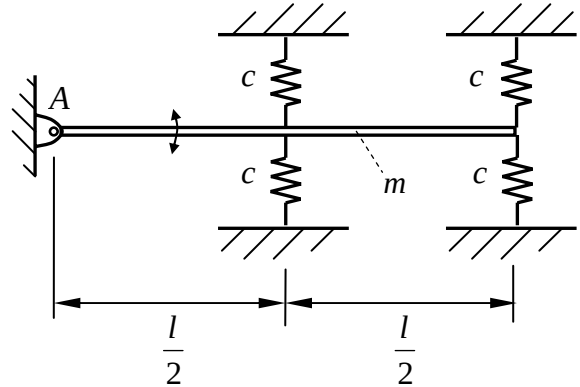


- a. Bestimmen Sie rechnerisch die Zeit t_1 , bei der die Schwingung nach dem ersten Ausschlag wieder den Wert Null erreicht (siehe Skizze)!
- b. Bestimmen Sie rechnerisch den Wert x_1 , bei dem die obere Hüllkurve die Achse $t = 0$ schneidet!
- c. Um wie viel Prozent ist der zweite positive Schwingungsausschlag kleiner als der erste positive Schwingungsausschlag?

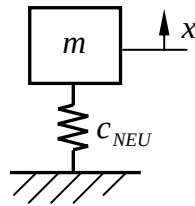
Aufgabe 2 (10P)

Der starre Stab führt Drehschwingungen um den Punkt A aus (kleine Auslenkungen). Für das Massenträgheitsmoment gilt $J_A = \frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2$.

- a. Bestimmen Sie die Eigenkreisfrequenz (so weit wie möglich) in Abhängigkeit der Größen m , l und c !

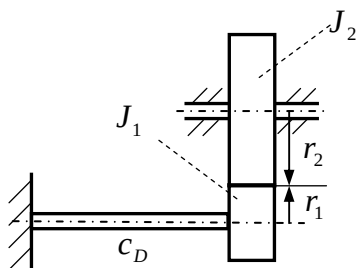


- b. Ein rein translatorisches System soll die gleiche Eigenfrequenz wie das obige System haben. Wie groß muss dann c_{NEU} sein?



Aufgabe 3 (16P)

Die Abbildung zeigt eine Welle (Länge l , Durchmesser d), die für die Torsionsschwingung als Drehfeder wirkt.



Eine Auswahl an Formeln:

$$c_D = \frac{\Delta M}{\Delta \varphi} \quad \varphi = \frac{M \cdot l}{G \cdot I_p} \quad I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 \quad v = \omega \cdot r \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{c_D}{J_{red}}}$$

- a. Bestimmen Sie für die Welle die Torsionssteifigkeit c_D in [Nm/rad]!
geg.: $d = 30 \text{ mm}$; $l = 318,1 \text{ mm}$; $G = 80000 \text{ N/mm}^2$
- b. Weisen Sie nach, welche der beiden Formeln für das Massenträgheitsmoment gilt!

$$J_{red} = J_1 + J_2 \cdot \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad \text{oder} \quad J_{red} = J_1 + J_2 \cdot \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2$$

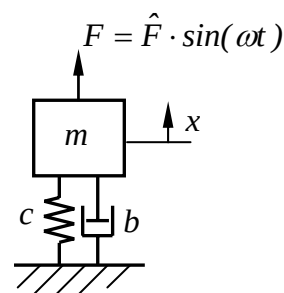
- c. Bestimmen Sie die torsionskritische Drehzahl in [1/min]!
Geg.: $r_1 = 30 \text{ mm}$; $r_2 = 60 \text{ mm}$; $J_1 = 0,1 \text{ kgm}^2$; $J_2 = 1,6 \text{ kgm}^2$

Ausgabe 4 (16P)

Für das schwingungsfähige System sind folgende Größen bekannt:

$$c = 200000 \text{ N/m}; m = 5 \text{ kg}; \eta = 0,8; \vartheta = 0,2; \hat{x} = 5,315 \text{ mm}$$

- Bestimmen Sie den Spitzenwert der Kraft $\hat{F}$!
- Es soll angenommen werden, dass die Kraftwirkung $\hat{F} = \Delta m \cdot e \cdot \omega^2$ durch eine Unwucht erzeugt wird. Wie groß ist diese Unwucht?

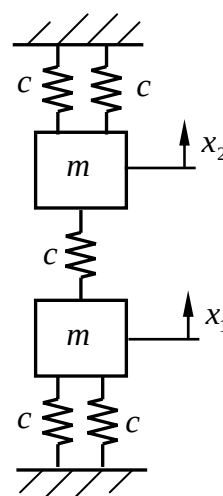


Aufgabe 5 (6P)

Für das abgebildete Schwingungssystem lautet die Schwingungsdifferentialgleichung für die obere Masse:

$$m \cdot \ddot{x}_2 = -2 \cdot c \cdot x_2 - c \cdot (x_2 - x_1)$$

Wie lautet die entsprechende Differentialgleichung für die untere Masse?



Aufgabe 6 (13P)

In einem Raum (Volumen 400 m³) werden im diffusen Schallfeld die angegebenen unbewerteten Schalldruckpegel gemessen. Des Weiteren ist die Nachhallzeit bekannt. Zur "Minimierung der Aufgabe" werden nur die drei angegebenen Terzen berücksichtigt.

f [Hz]	L [dB]	T [s]
500	64	0,7
630	66	0,6
800	65	0,5

- Bestimmen Sie für jede Terz die Absorptionsfläche sowie den A-bewerteten Schallleistungspegel!
- Wie groß ist der gesamte Schallleistungspegel (A-bewertet)?

Aufgabe 7 (4P)

An einem Messpunkt wird bei eingeschalteter Maschine ein Pegel von 45 dB(A) gemessen (incl. Störpegel). Bei ausgeschalteter Maschine beträgt der gemessene Störpegel 40 dB(A). Welchen Pegel erzeugt die Maschine, wenn kein Störpegel vorhanden wäre?

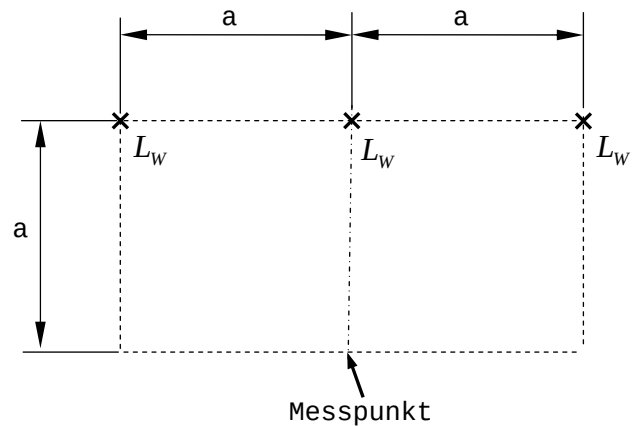
Aufgabe 8 (9P)

Auf einer Ebene befinden sich gemäß der Skizze 3 identische Schallquellen mit jeweils $L_w = 90 \text{ dB}$.

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

Geg.: $a = 15 \text{ m}$

Wie groß ist der gesamte Schalldruckpegel am Messpunkt?



Aufgabe 9 (4P)

In einer Stunde werden folgende Pegel gemessen:

Zeitanteil 30 min $\rightarrow$ 50 dB(A)

Zeitanteil 20 min $\rightarrow$ 55 dB(A)

Zeitanteil 10 min $\rightarrow$ 60 dB(A)

Wie groß ist der energieäquivalente Dauerschallpegel für die ganze Stunde?

Aufgabe 10 (5P)

In einem Raum mit einem Volumen von 500 m^3 beträgt die Nachhallzeit $0,6 \text{ s}$ (Istzustand). Dann wird die Absorptionsfläche durch den Einbau von Absorbern um $27,17 \text{ m}^2$ erhöht. Wie groß ist dann die neue Nachhallzeit?

Maschinendynamik 08.07.2023

$$m1, a) \omega_d = \frac{2\pi}{T_d} \Rightarrow T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{4} s = \frac{\pi}{2} s = 1,5708 s$$

$$t_1 = \frac{T_d}{2} = \dots = \frac{\pi}{4} s = 0,7854 s$$

$$b) x = \frac{v_0}{\omega_d} \cdot e^{-\delta t} \cdot \underbrace{\sin \omega_d t}_{=1} = \frac{v_0}{\omega_d} \cdot e^{-\delta t} ; e^{-\delta t} \Big|_{t=0} = 1$$

obere Hüllkurve

$$t=0: x_1 = \frac{v_0}{\omega_d} = \frac{2}{4} m = 0,5 m$$

$$c) \frac{x_0}{x_1} = e^{\delta T_d} = e^{0,5 \cdot 1,5708} = 2,1933$$

$$\frac{x_1}{x_0} = \frac{1}{2,1933} = 0,4549 ; 1 - 0,4549 = 0,5441$$

→ Abnahme um 54,41%

$$m2, a) \omega_0^2 = \frac{\Sigma c_D}{J_A} = \frac{2 \cdot c \left(\frac{r}{2}\right)^2 + 2 \cdot c \cdot l^2}{\frac{1}{3} m l^2} = \frac{\frac{5}{2} c}{\frac{1}{3} m l^2} = \frac{15}{2} \frac{c}{m}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{15}{2} \frac{c}{m}}$$

$$b) \omega_0 = \sqrt{\frac{c_{NEU}}{m}} \Rightarrow c_{NEU} = \frac{15}{2} \cdot c$$

$$m3, a) J_p = \frac{\pi}{32} d^4 = \frac{\pi}{32} \cdot 0,04^4 m^4 = 7,9522 \cdot 10^{-8} m^4$$

$$c_D = \frac{M}{\varphi} = \frac{G \cdot J_p}{l} = \frac{80000 \cdot 10^6 \cdot 7,9522 \cdot 10^{-8} \frac{Nm}{rad}}{0,3181} = 19999,1 \frac{Nm}{rad} \approx 20000 \frac{Nm}{rad}$$

$$b) \frac{1}{2} J_{red} \omega_1^2 = \frac{1}{2} J_1 \omega_1^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 \Big| \cdot \frac{1}{\omega_1^2}$$

$$J_{red} = J_1 + J_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2 \quad v = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \Rightarrow \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$J_{red} = J_1 + J_2 \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

Maschinendynamik 18.07.2023

$$2u3, c) J_{red} = \left[0,1 + 1,6 \left(\frac{30}{60} \right)^2 \right] \text{kgm}^2 = 0,5 \text{kgm}^2$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{cD}{J_{red}}} = \sqrt{\frac{20000}{0,5}} \text{ s}^{-1} = 200 \text{ s}^{-1} = \frac{\pi}{30} \text{ min}$$

$$n_0 = \frac{30}{\pi} \cdot 200 \text{ 1/min} = 1909,86 \text{ 1/min}$$

$$2u4, a) V_1 = \frac{\frac{1}{\frac{1}{f}}}{\frac{1}{\frac{1}{f}}} = \frac{1}{\sqrt{(1-\gamma^2)^2 + (2\gamma)^2}} = \frac{c \cdot \frac{1}{f}}{\frac{1}{f}}$$

$$V_1 = \frac{1}{\sqrt{(1-0,8^2)^2 + (2 \cdot 0,2 \cdot 0,8)^2}} = 2,07614$$

$$\frac{1}{f} = \frac{c \cdot \frac{1}{f}}{V_1} = \frac{200000 \cdot 0,005315 \text{ N}}{2,07614} = 512,0086 \text{ N} \approx \underline{\underline{512,0 \text{ N}}}$$

$$b) \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{200000}{5}} \text{ s}^{-1} = 200 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega = \gamma \cdot \omega_0 = 0,8 \cdot 200 \text{ s}^{-1} = 160 \text{ s}^{-1}$$

$$\frac{1}{f} = \underbrace{\Delta u \cdot e \omega^2}_{u} \Rightarrow u = \frac{\frac{1}{f}}{\omega^2} = \frac{512}{160^2} \text{ kgm} = 0,020 \text{ kgm}$$

$$2u5) m \ddot{x}_1 = -2cx_1 - c(x_1 - x_2)$$

$$2u6) T = 0,163 \cdot \frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{0,163 \cdot V}{T}$$

$$A_{500} = \frac{0,163 \cdot 400}{0,7} \text{ m}^2 = 93,143 \text{ m}^2$$

$$A_{630} = \frac{0,163 \cdot 400}{0,6} \text{ m}^2 = 108,667 \text{ m}^2$$

$$A_{800} = \frac{0,163 \cdot 400}{0,5} \text{ m}^2 = 130,4 \text{ m}^2$$

$$L_p = L_w + 6 \text{ dB} - 10 \cdot \lg A \Rightarrow L_w = L_p - 6 \text{ dB} + 10 \cdot \lg A (\pm \text{Skalar})$$

A-Bewertung
↓

Maschinendynamik 08.07.2023

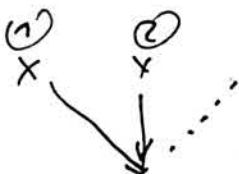
$$m6) L_{w500} = (64 - 6 + 10 \cdot \lg 93,143 - 3,2) \text{ dB(A)} = 74,492 \text{ dB(A)}$$

$$L_{w630} = (66 - 6 + 10 \cdot \lg 108,667 - 1,5) \text{ dB(A)} = 78,461 \text{ dB(A)}$$

$$L_{w800} = (65 - 6 + 10 \cdot \lg 130,4 - 0,8) \text{ dB(A)} = 79,353 \text{ dB(A)}$$

$$b) L_{wges} = 10 \cdot \lg (10^{7,4492} + 10^{7,8461} + 10^{7,9353}) \text{ dB(A)} = 82,659 \text{ dB(A)} \\ \approx 82,7 \text{ dB(A)}$$

$$m7) L_{\text{Maschine}} = 10 \cdot \lg (10^{4,5} - 10^{4,0}) \text{ dB(A)} = 43,49 \text{ dB(A)} \approx 43,3 \text{ dB(A)}$$

m8) 

$$L_R = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r \\ = (90 - 8 - 20 \cdot \lg 15) \text{ dB} = 58,478 \text{ dB}$$
$$L_{p1} = (90 - 8 - 20 \cdot \lg (\sqrt{2} \cdot 15)) \text{ dB} = 55,468 \text{ dB}$$
$$L_{p2} = 10 \cdot \lg (2 \cdot 10^{5,5468} + 10^{5,8478}) \text{ dB} = 61,488 \text{ dB} \approx 61,5 \text{ dB}$$

$$m9) L_{eq} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{60 \text{ min}} (10^5 \cdot 30 \text{ min} + 10^{10} \cdot 20 \text{ min} + 10^6 \cdot 10 \text{ min}) \right) \text{ dB(A)} \\ = 55,0796 \text{ dB(A)} \approx 55,1 \text{ dB(A)}$$

m10) $T = 0,163 \cdot \frac{V}{A}$

$$A = \frac{0,163 \cdot V}{T} = \frac{0,163 \cdot 500 \text{ m}^3}{0,6} = 135,83 \dots \text{ m}^2$$
$$A_{\text{neu}} = (135,83 \dots + 27,17) \text{ m}^2 = 163,0 \text{ m}^2$$
$$T_{\text{neu}} = 0,163 \cdot \frac{500}{163,0} \text{ s} = 0,50 \text{ s}$$