

Maschinendynamik WS 24/25
 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 : _____

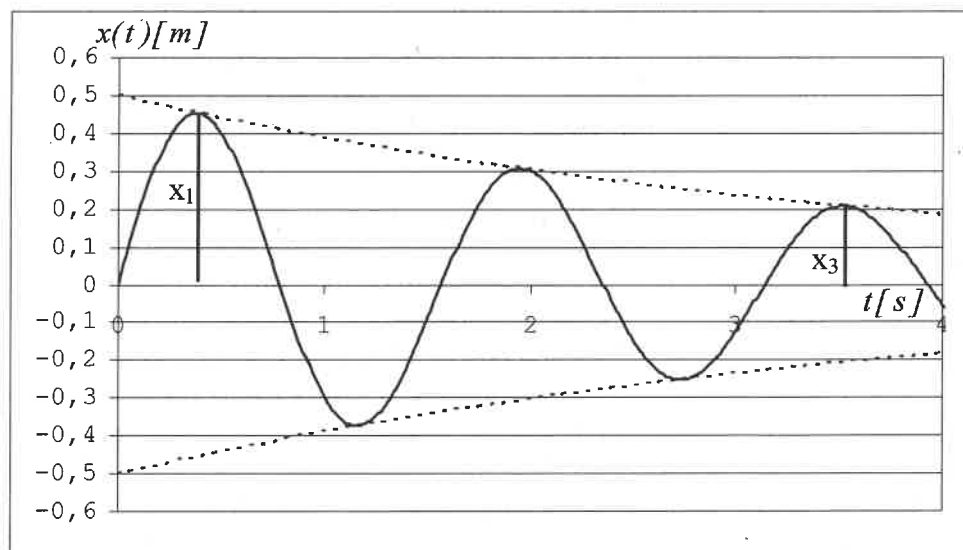
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Summe	

Aufgabe 1 (14P)

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

Ferner sei gegeben: $\delta = 0,25 \text{ s}^{-1}$; $\omega_d = 4 \text{ s}^{-1}$

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



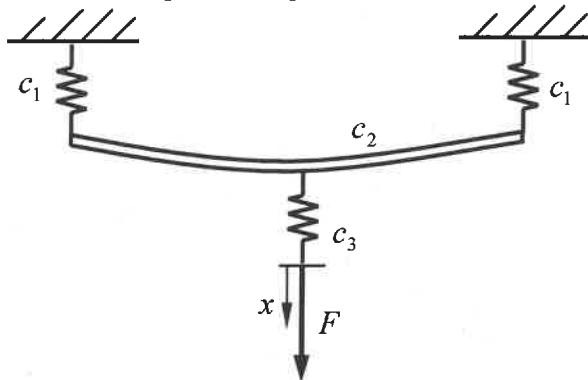
a. Ermitteln Sie aus der Abbildung die Werte x_1 , x_3 und bestimmen Sie aus diesen Werten das logarithmische Dekrement und den Dämpfungsgrad!

b. Bestimmen Sie aus der gegebenen Funktion die Werte für x_1 und x_3 .

Hinweis: Dazu müssen Sie die Zeit $t_1 = \frac{T_d}{4}$ und $t_3 = \frac{T_d}{4} + 2 \cdot T_d$ setzen.

Aufgabe 2 (13P)

Die abgebildete Struktur besteht aus zwei gleichen Federn c_1 (Symmetrie) sowie den Federn c_2 und c_3 .



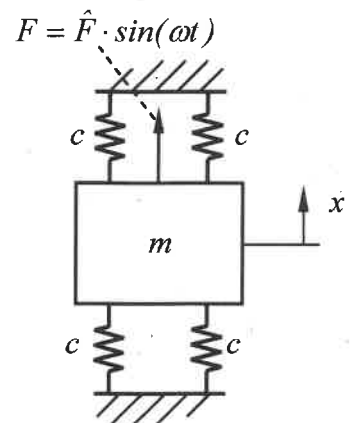
$$c = \frac{F}{f} = \frac{48 \cdot E \cdot I}{l^3} \quad I = \frac{\pi}{64} d^4$$

- Für die gegebene Anordnung ist zunächst $c_{\text{ges}} = F/x$ zu bestimmen!
 $c_{\text{ges}} = f(c_1, c_2, c_3) = ?$
- Für die Federsteifigkeit c_2 soll ein Wert von $c_2 = 1237 \text{ N/mm}$ erzielt werden. Es handelt sich um einen Rundstab mit dem Durchmesser d . Wie groß muss der Durchmesser d sein?
 Geg.: $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$; $l = 400 \text{ mm}$

Aufgabe 3 (13P)

Das abgebildete Schwingungssystem wird von einer sinusförmigen Kraft zu Schwingungen angeregt. Eine einzelne Feder hat die Steifigkeit $c = 20000 \text{ N/m}$.

- Hier ist ein unterkritischer Fall zu untersuchen. Wie groß muss der Spitzenwert der Kraft sein, wenn die Schwingamplitude 1 mm beträgt und $\eta = 0,75$ ist?
- Hier ist ein überkritischer Fall zu untersuchen. Wie groß muss der Spitzenwert der Kraft sein, wenn die Schwingamplitude ebenfalls 1 mm beträgt und $\eta = 1,5$ ist?



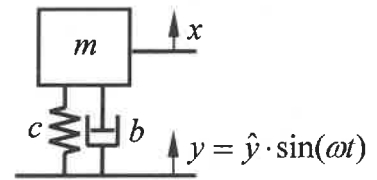
Mögliche Formeln zur Lösung:

$$V_1 = \frac{1}{1 - \eta^2} = \frac{\hat{x}}{\frac{\hat{F}}{c_{\text{ges}}}} \quad V_1 = \frac{1}{\eta^2 - 1} = \frac{\hat{x}}{\frac{\hat{F}}{c_{\text{ges}}}}$$

Aufgabe 4 (13P)

Bei der abgebildeten Fußpunkterregung wird an der oberen Masse eine Schwingamplitude von $\hat{x} = 2 \text{ mm}$ gemessen.

Geg.: $\eta = 2$; $\mathcal{G} = 0,2$; $f = 30 \text{ Hz}$



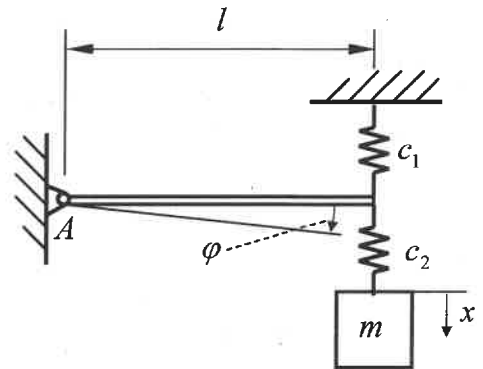
a. Wie groß ist die Schwingamplitude $\hat{y}$?

b. Wie groß ist der Maximalwert der Beschleunigung an der Masse m?

Hilfestellung $a = r \cdot \omega^2$ oder auch $\hat{\ddot{x}} = \hat{x} \cdot \omega^2$

Aufgabe 5 (12P)

Das abgebildete System besteht aus einem starren Stab und einer Masse m. Die Gleichungen zur Beschreibung des Bewegungsverhaltens sind angegeben (kleine Auslenkungen):



Drallsatz Stab: $J_A \cdot \ddot{\phi} = -c_1 \cdot l^2 \cdot \phi + F \cdot l$ (1)

Newton Masse m: $m \cdot \ddot{x} = -F$ (2)

Kraft in Feder c_2 : $F = c_2 \cdot (x - l \cdot \phi)$ (3)

Setzen Sie (3) in (1) und in (2) ein und formulieren Sie das Problem in Matrixschreibweise!

Ziel: $\begin{pmatrix} J_A & 0 \\ 0 & m \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \ddot{\phi} \\ \ddot{x} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \dots & \dots \\ \dots & \dots \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \phi \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

Aufgabe 6 (7P)

In einem Raum mit 200 m^3 wird eine Nachhallzeit von $0,6 \text{ s}$ Sekunden gemessen. Durch eine einzelne Schallquelle in dem Raum wird im diffusen Schallfeld ein Schalldruckpegel von 70 dB(A) erzeugt. Wie groß ist der Schalleistungspegel der Schallquelle?

Ausgabe 7 (9P)

Eine eindimensional sich ausbreitende Schallwelle (diese sei ein Ton mit 500 Hz) hat einen Schalldruck von $\hat{p} = 0,4 \text{ Pa}$. Bestimmen Sie $\hat{v}$ und die Intensität I sowie den A-bewerteten Schalldruckpegel!

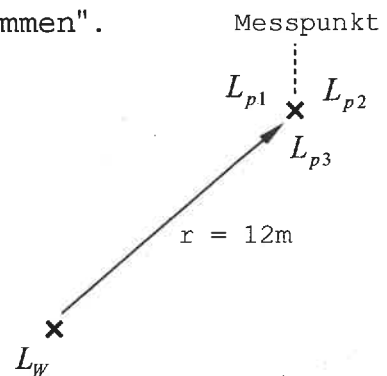
Geg.: $\rho_0 \cdot c = 400 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s)}$ Hilfestellung hierzu: $I = \frac{P_{\text{gemittelt}}}{S}$

Aufgabe 8 (8P)

An einem Messpunkt kommen drei Schallpegel "zusammen". Es sind $L_{p1} = 50 \text{ dB}$ und $L_{p2} = 53 \text{ dB}$. Der Schalldruckpegel L_{p3} stammt von einer Schallquelle, die 12 m entfernt liegt ($L_w = 80 \text{ dB}$).

Wie groß ist der Summenpegel am Messpunkt?

Bem.: kugelförmige Schallabstrahlung über schallhartem Boden

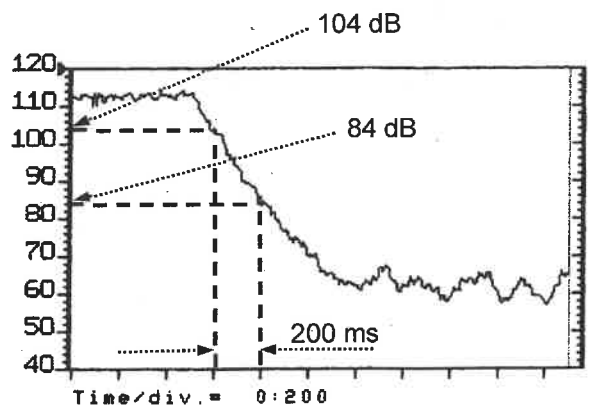


Aufgabe 9 (6P)

Eine Vorbeifahrt eines PKWs erzeugt einen Pegel $L_{eq} = 60 \text{ dB(A)}$ bei einer Messzeit von 40 Sekunden . Zusätzlich gibt es Daten für einen LKW, der einen Pegel von $L_{eq} = 70 \text{ dB(A)}$ bei einer Messzeit von 60 Sekunden erzeugt. Auf einer Straße verkehren in einer Stunde 120 PKWs und 30 LKWs . Wie groß ist der energieäquivalente Pegel in einer Stunde?

Aufgabe 10 (5P)

Die Abbildung zeigt den Pegelverlauf in einem Raum nach dem Abschalten eines Rauschsignals. Wie groß ist die Nachhallzeit?



Lösungen Prüfung Maschinendynamik 25.01.2025

m1) $x_1 = 0,45 \text{ m}$
 $x_3 = 0,21 \text{ m}$

$$\Lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{x_i}{x_i + n} = \frac{1}{2} \ln \frac{0,45}{0,21} = 0,3811$$

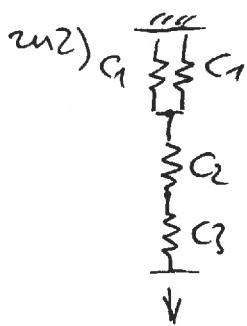
$$\kappa = \frac{\Lambda}{\sqrt{(2\pi)^2 + \Lambda^2}} = \frac{0,3811}{\sqrt{(2\pi)^2 + 0,3811^2}} = 0,0605$$

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{4} \text{ s} = 1,5708 \text{ s}; \quad t_1 = \frac{T_d}{4} = 0,3927 \text{ s}$$

$$x_1 = \frac{2}{4} \text{ m} \cdot e^{-0,25 \cdot 0,3927} \cdot \sin\left(\underbrace{4 \cdot 0,3927 \cdot \frac{180^\circ}{\pi}}_{90^\circ}\right) = 0,4532 \text{ m}$$

$$t_3 = \frac{T_d}{4} + 2 \cdot T_d = 3,5343 \text{ s}$$

$$x_3 = \frac{2}{4} \text{ m} \cdot e^{-0,25 \cdot 3,5343} \cdot \sin\left(\underbrace{4 \cdot 3,5343 \cdot \frac{180^\circ}{\pi}}_{810^\circ}\right) = 0,2067 \text{ m}$$



$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{2C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \Rightarrow C_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{2C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

$$C = C_2 = \frac{48 \cdot \text{FJ}}{\ell^3} \Rightarrow J = \frac{C \ell^3}{48 \text{ F}} = \frac{1237 \cdot 1000 (0,4)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}} \text{ m}^4 = 7,8540 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$J = \frac{\pi}{64} d^4 \Rightarrow d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot J}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 7,8540 \cdot 10^{-9}}{\pi}} \text{ m} = 20,0 \text{ mm}$$

m3) $\frac{1}{f} = \frac{x}{\frac{F}{C_{ges}}} = \frac{1}{1-\zeta^2} \Rightarrow x = \frac{\frac{F}{C_{ges}}}{1-\zeta^2} \Rightarrow \frac{F}{f} = \underbrace{x \cdot C_{ges}}_{4 \cdot C} (1-\zeta^2)$

$$\frac{F}{f} = 0,001 \cdot 4 \cdot 20000 (1 - 0,75^2) \text{ N} = 35 \text{ N}$$

$$\frac{\frac{x}{\frac{F}{C_{ges}}}}{\frac{1}{\zeta^2 - 1}} = \frac{1}{\zeta^2 - 1} \Rightarrow \frac{F}{f} = x \cdot C_{ges} (\zeta^2 - 1) = 0,001 \cdot 4 \cdot 20000 (1,5^2 - 1) \text{ N}$$

$$= 100 \text{ N}$$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 25.11.2025

$$m4) \quad V_2 = \frac{x}{y} = \frac{\sqrt{1+(2\alpha y)^2}}{\sqrt{(1-y^2)^2+(2\alpha y)^2}}$$

$$\dot{y} = \frac{1}{x} \cdot \frac{\sqrt{(1-y^2)^2+(2\alpha y)^2}}{\sqrt{1+(2\alpha y)^2}} = 2 \text{ mm} \cdot \frac{\sqrt{(1-2^2)^2+(2 \cdot 0,2 \cdot 2)^2}}{\sqrt{1+(2 \cdot 0,2 \cdot 2)^2}} = 4,8483 \text{ mm}$$

$$\dot{\omega}_x = 0,002 \text{ m} (2 \cdot \pi \cdot 30 \frac{1}{s})^2 = 71,06 \text{ m/s}^2$$

$$m5) \quad J_A \cdot \ddot{\varphi} = -c_1 l^2 \varphi + c_2 (x - l \varphi) \cdot l \Rightarrow J_A \ddot{\varphi} + c_1 l^2 \varphi - c_2 x l + c_2 l^2 \varphi = 0$$

$$m \ddot{x} = -c_2 (x - l \varphi) \Rightarrow m \ddot{x} + c_2 x - c_2 l \varphi = 0$$

$$\begin{pmatrix} J_A & 0 \\ 0 & m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{\varphi} \\ \ddot{x} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} (c_1+c_2)l^2 & -c_2 l \\ -c_2 l & c_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varphi \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$m6) \quad T = 9,163 \cdot \frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{9,163 \cdot V}{T} = \frac{9,163 \cdot 200 \text{ m}^2}{0,6} = 54,33 \text{ m}^2$$

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

$$= (70 - 6 + 10 \cdot \lg 54,33) \text{ dB(A)} = 81,35 \text{ dB(A)} \approx 81,4 \text{ dB(A)}$$

$$m7) \quad \vec{v} = \frac{\vec{p}}{S_0 \cdot c} = \frac{0,4 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \text{m}^2}}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}} = 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$J = \frac{1}{2} \vec{p} \cdot \vec{v} = \frac{1}{2} 0,4 \cdot 0,001 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

$$L_J = L_p = 10 \cdot \lg \frac{J}{J_0} = 10 \cdot \lg \frac{2 \cdot 10^{-4}}{10^{-12}} \text{ dB} = 83,0103 \text{ dB}$$

$$A\text{-Bewertung: } L = (83,0103 - 32) \text{ dB(A)} = 79,8103 \text{ dB(A)} \approx 79,8 \text{ dB(A)}$$

$$m8) \quad L_{p3} = (80 - 8 - 20 \cdot \lg 12) \text{ dB} = 59,4164 \text{ dB}$$

$$L_{ges} = 10 \cdot \lg (10^5 + 10^{5,3} + 10^{59,4164}) \text{ dB} = 56,1225 \text{ dB} \approx 56,1 \text{ dB}$$

$$m9) \quad L_{eq} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{3600 \text{ s}} (10^6 \cdot 40 \cdot 120 + 10^7 \cdot 60 \cdot 30) \right] \text{ dB(A)} = 68,0163 \text{ dB(A)}$$

$$\approx 68,0 \text{ dB(A)} //$$

$$m10) \quad \Delta L = (-104 - 84) \text{ dB} = 20 \text{ dB bei } 0,25$$

$$60 \text{ dB} \rightarrow 3 \cdot 925 = 0,65 = T$$