

Maschinendynamik SS 2025
 Prof. Dr. Wolfgang Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

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

Aufgabe 1 (12P)

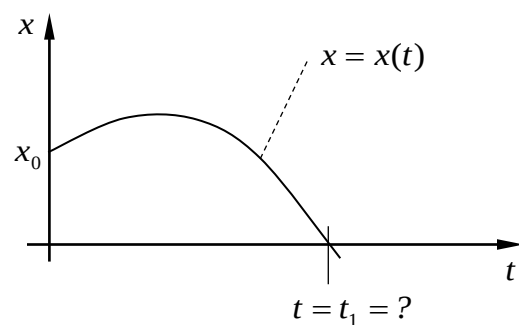
Ein Schwingungssystem mit einem Freiheitsgrad startet zum Zeitpunkt $t = 0$ mit der Anfangsauslenkung x_0 und der Anfangsgeschwindigkeit v_0 .

Zu welchem Zeitpunkt erreicht der Schwingungsausschlag zum ersten Mal den Wert Null?

Gegebene Zahlenwerte: $\omega_0 = 3s^{-1}$; $x_0 = 3mm$; $v_0 = 3mm/s$

Hilfestellung:

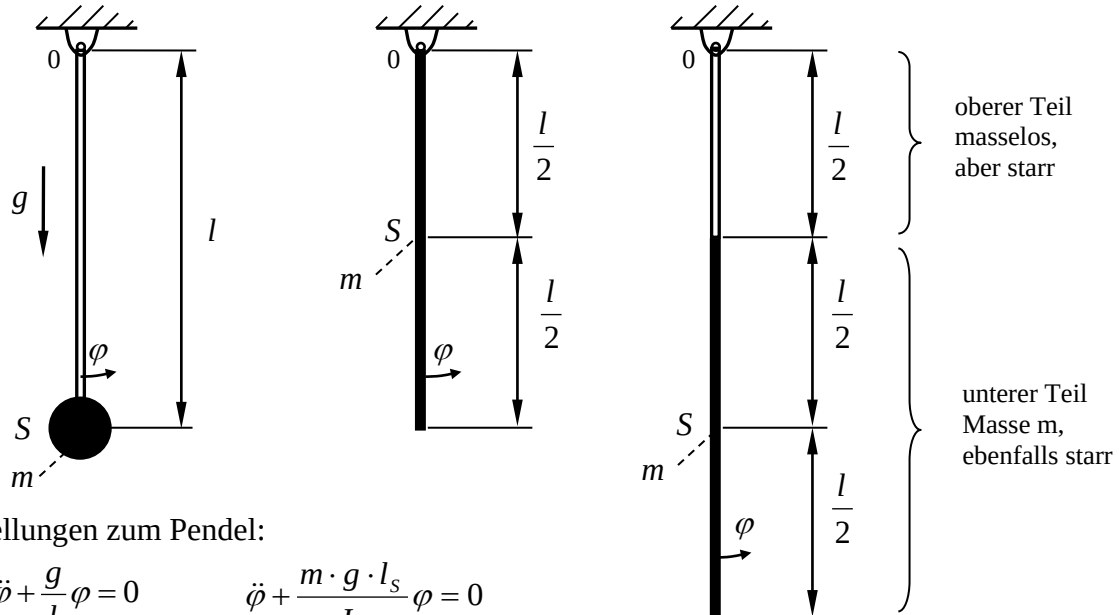
$$x = x(t) = \frac{v_0}{\omega_0} \cdot \sin(\omega_0 t) + x_0 \cos(\omega_0 t)$$



Aufgabe 2 (14P)

In dieser Aufgabe werden drei Pendelvarianten untersucht. In der linken Abbildung ist ein mathematisches Pendel dargestellt, daneben handelt es sich um zwei verschiedene physikalische Pendel. Bestimmen Sie für alle drei Fälle formelmäßig und numerisch die Periodendauer der Schwingung! Die Stäbe sind jeweils starr.

Zahlenwerte: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $l = 0,994 \text{ m}$; $m = 4 \text{ kg}$ (falls Angabe erforderlich)



Hilfestellungen zum Pendel:

$$\ddot{\varphi} + \underbrace{\frac{g}{l}}_{\omega_0^2} \varphi = 0 \quad \ddot{\varphi} + \underbrace{\frac{m \cdot g \cdot l_s}{J_0}}_{\omega_0^2} \varphi = 0$$

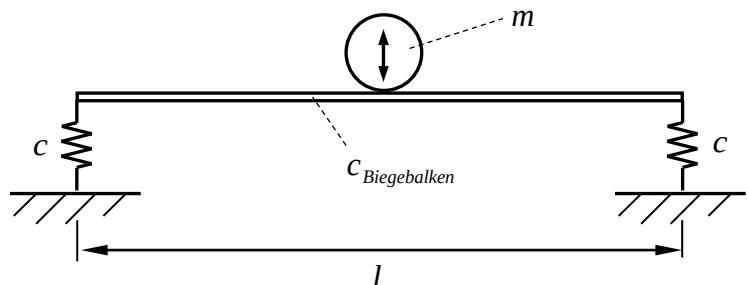
Massenträgheitsmoment dünner Stab, im Schwerpunkt: $J_s = \frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2$ (im Eck-/Endpunkt $\frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2$)

Satz von Steiner: $J_0 = J_s + m \cdot a^2$

Aufgabe 3 (16P)

Ein elastischer Biegebalken ist links und rechts durch eine Feder abgestützt. Gegenstand der Betrachtung ist die vertikale Schwingung. Für die resultierende (gesamte) Federsteifigkeit gilt die angegebene Formel. Die Punktmasse beträgt $m = 20 \text{ kg}$, die Masse des Biegebalkens wird vernachlässigt. Die Eigenfrequenz soll 8 Hz betragen. Die Steifigkeit c einer Feder beträgt $c = 160120 \text{ N/m}$.

$$\frac{1}{c_{\text{ges}}} = \frac{1}{c_{\text{Biegebalken}}} + \frac{1}{2 \cdot c}$$



- Wie groß muss die Steifigkeit des Biegebalkens sein?
- Der Biegebalken hat ein Rechteckprofil (Breite b , Höhe h). Wie groß muss bei vorgegebener Breite von $30,13 \text{ mm}$ die Höhe h sein? Der Abstand l bzw. die Länge l beträgt $l = 600 \text{ mm}$. Der E-Modul beträgt $2,1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$.

Weitere Hilfestellungen:

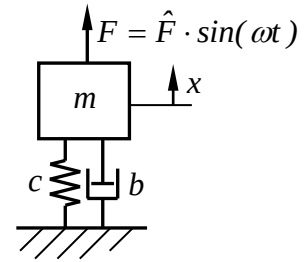
$$f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

Aufgabe 4 (17P)

An einer schwingungsfähig gelagerten Maschine wirkt eine sinusförmige Kraft (Drehzahl Antrieb 954,9 1/min).
Die sich einstellende Schwingamplitude beträgt 2 mm.
Die Erdbeschleunigung wird nicht berücksichtigt.

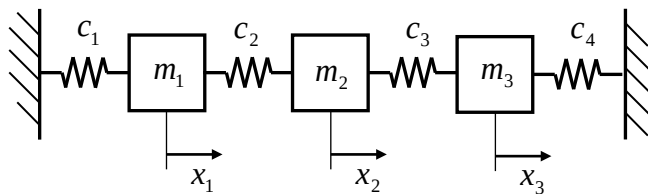
Weitere Zahlenwerte: $m = 25 \text{ kg}$; $c = 40000 \text{ N/m}$; $b = 300 \text{ Ns/m}$



- Bestimmen Sie die Kraftamplitude $\hat{F}$!
- Wie groß muss die Unwucht ($U = \Delta m \cdot e$) sein, wenn die Krafterregung durch einen Unwuchterreger erzeugt wird?
- Wie groß ist die Schwingungskraft auf die Umgebung?

Aufgabe 5 (6P)

Für das abgebildete System ist der Newton'sche Ansatz für die mittlere Masse angegeben. Wie lauten die beiden fehlenden Gleichungen für m_1 und m_3 ?



Gleichung für Masse 2: $m_2 \cdot \ddot{x}_2 = -c_2 \cdot (x_2 - x_1) - c_3 \cdot (x_2 - x_3)$

Aufgabe 6 (8P)

In einem Raum befindet sich eine Schallquelle mit einem Schallleistungspegel von 70 dB(A). Der Schalldruckpegel im diffusen Schallfeld des Raumes beträgt 59,98 dB(A).

- Bestimmen Sie zunächst die vorhandene Absorptionsfläche des Raumes!
- Der Raum besitzt ein großes Außentor. Wenn das Außentor geöffnet wird, steigt die Absorptionsfläche um die Fläche der geöffneten Tür (gute Näherung). Wie groß ist der Schalldruckpegel im Raum bei geöffneter Tür? Die Türfläche beträgt 16,23 qm.

Aufgabe 7 (6P)

Von einer Maschine werden bei drei Terzen folgende unbewertete Pegel gemessen:

250 Hz $\rightarrow$ 60 dB 315 Hz $\rightarrow$ 64 dB 400 Hz $\rightarrow$ 62 dB

Welcher A-bewertete Gesamtpegel ergibt sich aus diesen drei einzelnen Werten?

"Sucherleichterung":

f [Hz]	200	250	315	400	500	630	800	1000
ΔL [dB]	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,9	-0,8	0

Aufgabe 8 (6P)

Innerhalb einer Stunde treten folgende Pegel auf:

20 min $\rightarrow$ 60 dB(A)

5 min $\rightarrow$ 64 dB(A)

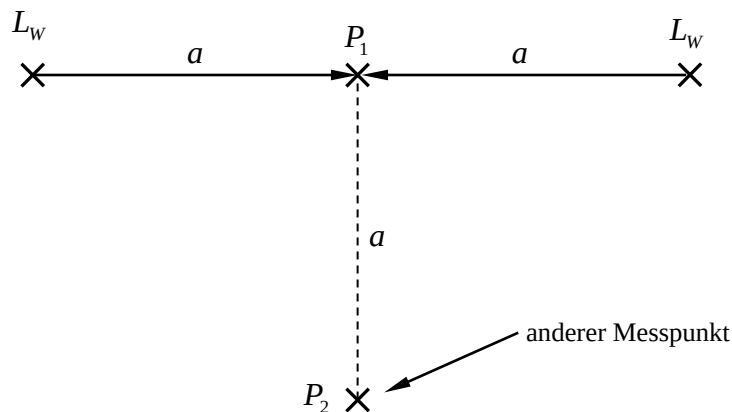
15 min $\rightarrow$ 62 dB(A)

Die verbleibenden 20 min (20 min verbleiben, um die Stunde "zeitlich zu füllen") ist kein nennenswerter Pegel vorhanden.

Wie groß ist der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} in der betreffenden Stunde?

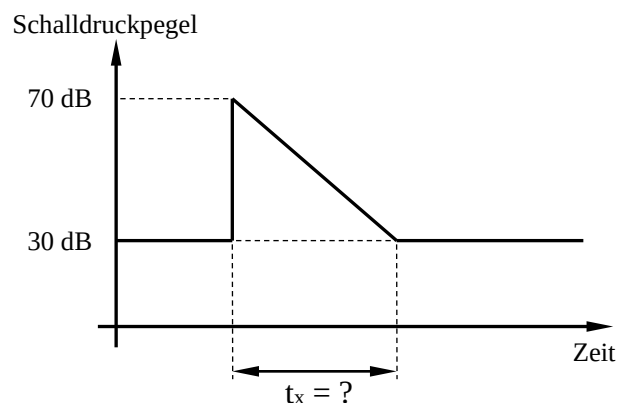
Aufgabe 9 (10P)

Auf einem freien Feld befinden sich zwei identische Schallquellen mit jeweils $L_W = 80$ dB(A). Ein Messpunkt P_1 befindet sich genau zwischen den beiden Schallquellen, ein weiterer Messpunkt P_2 wie in der Skizze angegeben. Wie groß ist der Summenschalldruckpegel an dem Punkt P_1 und an dem Punkt P_2 ? Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage. Der Abstand a beträgt 10 Meter.



Aufgabe 10 (5P)

Die Abbildung zeigt den idealisierten Schalldruckpegel in einem Raum nach einer impulsförmigen Anregung. Das Auswertegerät zeigt eine Nachhallzeit von 0,9 Sekunden an. Wie groß muss dann die in der Skizze eingetragene Zeit t_x sein?



Prüfung Maschinendynamik 05.07.2025

m1) $\frac{v_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t = -x_0 \cos \omega_0 t$

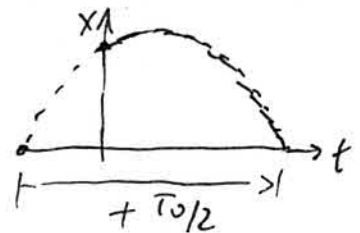
$$\frac{\sin \omega_0 t}{\cos \omega_0 t} = \tan \omega_0 t = -\frac{x_0 \cdot \omega_0}{v_0} = -\frac{3 \text{ mm} \cdot 35^{-1}}{3 \frac{\text{mm}}{\text{s}}} = -3$$

$$t = \frac{1}{\omega_0} \arctan(-3) = \frac{1}{35^{-1}} \arctan(-3) = \frac{1}{35^{-1}} (-71,56^\circ) \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = -0,41645$$

Addition von $T_0/2$:

$$\frac{T_0}{2} = \frac{1}{2} \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{\pi}{35^{-1}} = 1,04725$$

$$-0,41645 + 1,04725 = 0,63085 = t_1$$



m2) Links: $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} = \frac{2\pi}{T_0} \Rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,994}{9,81}} \text{ s} = 2,000 \text{ s}$

Mitte: $\omega_0 = \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot l}{J_0}} = \frac{2\pi}{T_0} \Rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0}{m \cdot g \cdot l}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3} m l^2}{m \cdot g \cdot \frac{l}{2}}} = 2\pi \sqrt{\frac{2}{3} \frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{0,994}{9,81}} \text{ s} = 1,633 \text{ s}$

rechts: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0}{m \cdot g \cdot l}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{12} m l^2 + m l^2}{m \cdot g \cdot l}} = 2\pi \sqrt{\frac{13 \cdot l}{12 g}} = 2\pi \sqrt{\frac{13}{12} \cdot \frac{0,994}{9,81}} \text{ s} = 2,082 \text{ s}$

m3) $\omega_0^2 = (2\pi f_0)^2 = \frac{c_{ges}}{m} \Rightarrow c_{ges} = m (2\pi f_0)^2 = 20 (2\pi \cdot 8)^2 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 50532 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

$$\frac{1}{c_{Bieg}} = \frac{1}{c_{ges}} - \frac{1}{2c} = \left(\frac{1}{50532} - \frac{1}{2 \cdot 160120} \right) \frac{\text{m}}{\text{N}} \Rightarrow c_{Bieg} = 60000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

b) $c_{Bieg} = \frac{7}{f} = \frac{48 \cdot E \cdot J}{l^3} = J = \frac{c_{Bieg} \cdot l^3}{48 E} = \frac{60000 \cdot 0,6^3}{48 \cdot 21 \cdot 10^{11}} \text{ m}^4 = 1,2857 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$

$$J = \frac{1}{12} I l^3 \Rightarrow I = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot J}{l}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1,2857 \cdot 10^{-9}}{0,03013}} \text{ m} = 8,000 \text{ mm}$$

Prüfung Maschinendynamik 05.07.2025

$$m4) \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{40000}{25}} s^{-1} = 40 s^{-1} \quad \left. \vphantom{\omega_0} \right\} \frac{\omega}{\omega_0} = \dots = 2,5$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi \cdot 954,9}{30} s^{-1} = 100 s^{-1}$$

$$2f = \frac{b}{m} \Rightarrow f = \frac{b}{2m} = \frac{300}{2 \cdot 25} s^{-1} = 6 s^{-1} \quad \eta = \frac{f}{\omega_0} = \frac{6}{40} = 0,15$$

$$V_1 = \frac{\frac{1}{F}}{\frac{1}{c}} = \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\eta\zeta)^2}} = \frac{1}{\sqrt{(1-2,5^2)^2 + (2 \cdot 0,15 \cdot 2,5)^2}} = 0,18856$$

$$\frac{1}{F} \cdot c = V_1 \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{\zeta \cdot c}{V_1} = \frac{4002 \cdot 40000}{0,18856} N = 424,3 N$$

$$b) \frac{1}{F} = \underbrace{(\Delta m \cdot e)}_u \omega^2 \Rightarrow u = \frac{1}{\omega^2} = \frac{424,3}{100^2} kg \cdot m = 0,04243 kg \cdot m$$

$$c) \frac{\frac{1}{F_m}}{\frac{1}{F}} = V_2 = \frac{\sqrt{1 + (2\eta\zeta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\eta\zeta)^2}}$$

$$\begin{aligned} F_m &= \frac{1}{F} \frac{\sqrt{1 + (2\eta\zeta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\eta\zeta)^2}} = 424,3 N \frac{\sqrt{1 + (2 \cdot 0,15 \cdot 2,5)^2}}{\sqrt{(1-2,5^2)^2 + (2 \cdot 0,15 \cdot 2,5)^2}} \\ &= 100,01 N \approx 100 N \end{aligned}$$

$$m5) m_1 \ddot{x}_1 = -c_1 x_1 - c_2 (x_1 - x_2)$$

$$m_3 \ddot{x}_3 = -c_4 x_3 - c_3 (x_3 - x_2)$$

Prüfung Maschinendynamik 05.07.2025

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

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

$$A = 10^{\frac{L_w + 6 \text{ dB} - L_p}{10}} = 10^{\frac{70 + 6 - 59,98}{10}} \text{ m}^2 = 39,95 \text{ m}^2$$

$\approx 40 \text{ m}^2$

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

$$= [70 + 6 - 10 \cdot \lg(40 + 16,23)] \text{ dB(A)} = 58,5 \text{ dB(A)}$$

zu 7) $60 - 8,6 = 51,5$ / $64 - 6,6 = 57,4$ / $62 - 4,8 = 57,2$

$$L_{p_{\text{ges}}} = 10 \cdot \lg(10^{51,5} + 10^{57,4} + 10^{57,2}) \text{ dB(A)} = 60,836 \text{ dB(A)}$$

$\approx 60,8 \text{ dB(A)}$

zu 8) $L_{\text{eq}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{60 \text{ min}} (10^6 \cdot 20 \text{ min} + 10^{6,4} \cdot 5 \text{ min} + 10^{6,2} \cdot 10 \text{ min}) \right)$

$$= 59,726 \text{ dB(A)} \approx 59,7 \text{ dB(A)}$$

zu 9) $L_{p1} = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r = (80 - 8 - 20 \cdot \lg 10) \text{ dB(A)} = 52 \text{ dB(A)}$

$$n=2 \Rightarrow +3 \text{ dB} \quad L_{p_{\text{ges}}} = (52 + 3) \text{ dB(A)} = 55 \text{ dB(A)}$$

$$L_{p2} = [80 - 8 - 20 \cdot \lg(\sqrt{2} \cdot 10)] \text{ dB(A)} = 48,9897 \text{ dB(A)} \approx 49,0 \text{ dB(A)}$$

$$\text{wieder } n=2 \Rightarrow +3 \text{ dB} \quad L_{p_{\text{ges}}} = (49 + 3) \text{ dB(A)} = 52 \text{ dB(A)}$$

zu 10) $\Delta L = 60 \text{ dB} \rightarrow 0,95$

$$\text{hier } \Delta L = (70 - 30) \text{ dB} = 40 \text{ dB} \rightarrow t_x = 0,65$$