

Maschinendynamik SS 15
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.


- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : _____

Erlaubte Hilfsmittel:

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (12 Blätter)
- Formelsammlung "Maschinenakustik" (3 Blätter)

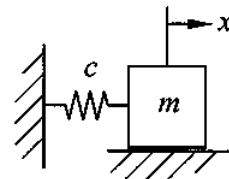
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
Summe	



HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Maschinendynamik
 Prüfung 28.09.2015

Aufgabe 1 (13P)

Das abgebildete System aus Feder und Masse kann nach einer Anfangsauslenkung translatorische Schwingungen ausführen. Reibungseinflüsse werden vernachlässigt. Zunächst wird durch eine äußere Kraft eine Anfangsauslenkung von $x = x_0 = 2 \text{ mm}$ vorgegeben. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird die äußere Kraft entfernt (z.B. durch plötzliches Loslassen).



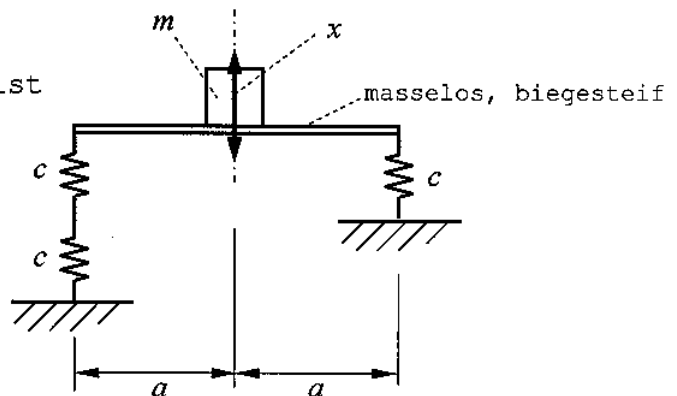
Weitere Zahlenwerte: $m = 0,5 \text{ kg}$; $\omega_0 = 10 \text{ s}^{-1}$;

- a. Wie groß ist die Beschleunigung der Masse unmittelbar nach dem Einsetzen der Bewegung?
- b. Nach welcher Zeit erreicht die Masse die statische Nulllage?
- c. Wie ändern sich die Ergebnisse aus Fragestellung a. und b., falls die Anfangsauslenkung verdoppelt wird?

Aufgabe 2 (13P)

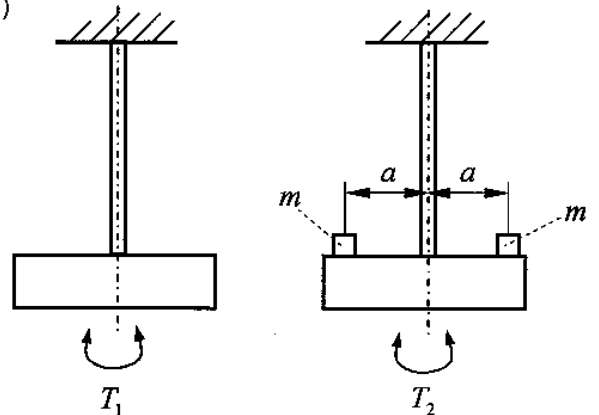
Durch die elastische Abstützung ist das System bezüglich der Masse m schwingungsfähig (Koordinate x). Bestimmen Sie die Eigenkreisfrequenz des Systems!

Ges.: $\omega_0 = f(c,m) = ?$



Aufgabe 3 (13P)

Eine Drehmasse (Massenträgheitsmoment J) ist an einer Torsionswelle (Drehsteifigkeit c_D) befestigt. Die Periodendauer der Drehschwingung sei T_1 . Durch Aufbringen von zwei Zusatzmassen wird das System im schwingungstechnischen Sinne etwas verändert. Die dazugehörige Periodendauer der Drehschwingung sei T_2 . Das Ziel der Rechnung besteht darin, aus den gemessenen Schwingungsdauern und der bekannten Konfiguration der Zusatzmassen das Massenträgheitsmoment J zu bestimmen.

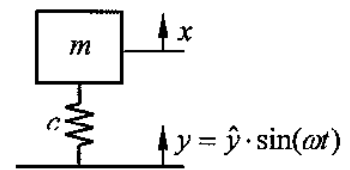


Ges.: $J = f(m, a, T_1, T_2) = ?$

Hilfestellung: Für das Massenträgheitsmoment für den Fall mit Zusatzmassen gilt $J_2 = J + 2 \cdot m \cdot a^2$

Aufgabe 4 (13P)

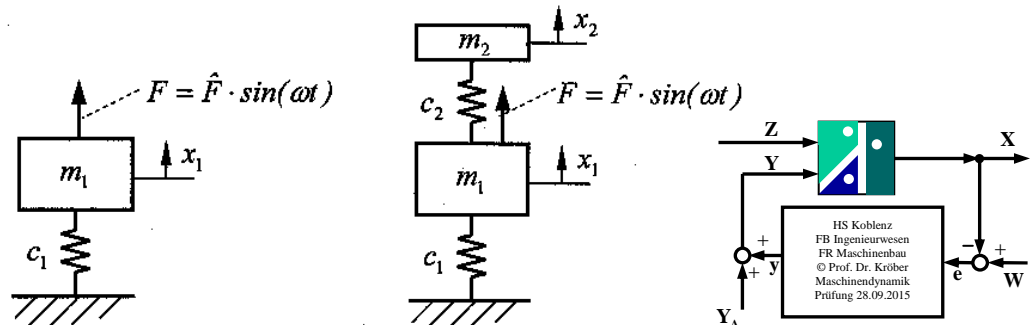
Zur Schwingungsisolierung soll eine Maschine (Masse 40 kg) elastisch gelagert werden. Die störenden Schwingungen aus dem Untergrund haben eine Frequenz von 16 Hz. Dämpfungseffekte werden vernachlässigt. Gefordert wird ein Verhältnis von $\hat{x} = (0,05 \text{ bis } 0,1) \cdot \hat{y}$. In welchem Bereich muss dann die Federsteifigkeit c ausgewählt werden?



Aufgabe 5 (13P)

Durch die äußere Kraft $F = \hat{F} \cdot \sin(\omega t)$ wird die Masse m_1 in Schwingungen versetzt. Ihre Schwingamplitude sei \hat{x}_1 . Im Folgenden soll eine Tilgungsmasse m_2 hinzugefügt werden, damit die Masse m_1 im Auslegungszustand in Ruhe bleibt.

Geg.: $c_1 = 400000 \text{ N/m}$; $m_1 = 20 \text{ kg}$; $\omega = 200 \text{ s}^{-1}$; $\hat{x}_1 = 2 \text{ mm}$



- Wie groß ist die Amplitude der Erregerkraft \hat{F} ?
- Die Tilgungsmasse soll $m_2 = 0,1 \cdot m_1$ betragen. Wie groß muss dann c_2 sein?
- Wie groß ist die sich einstellende Amplitude \hat{x}_2 ?

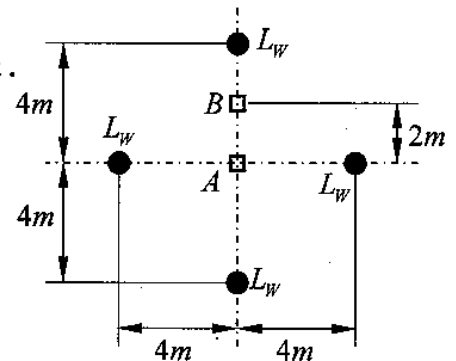
HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Maschinendynamik
 Prüfung 28.09.2015

Aufgabe 6 (9P)

An einer Bahnstrecke verkehren in der Stunde 10 Züge. Der Mensch empfindet eine Pegelabnahme um 10 dB als Halbierung der Lautstärke. Um diese Pegelabnahme zu erzielen, dürfen die Züge nicht so häufig fahren. Wie viele Züge dürfen pro Stunde fahren, damit sich der Pegel um 10 dB reduziert?

Aufgabe 7 (9P)

Vier gleiche Schallquellen sind gemäß der Abbildung symmetrisch um den Punkt A angeordnet. Wie groß ist der Schalldruckpegel an den Messpunkten A und B? Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.



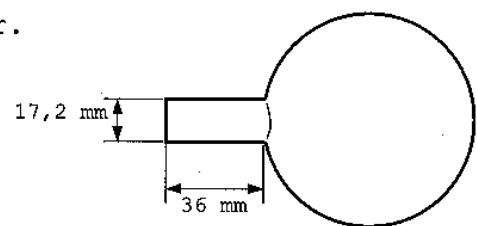
Geg.: $L_w = 70 \text{ dB(A)}$, Abstände in Abbildung

Aufgabe 8 (8P)

In einem Raum herrscht im diffusen Schallfeld infolge des Schalleintrages einiger Maschinen ein Schalldruckpegel von 68 dB(A). Der Raum hat ein Volumen von 150 m³ und die Nachhallzeit beträgt 1 Sekunde. Einem der beiden im Raum befindlichen Menschen kommt die Idee alle Fenster zu öffnen, damit der Schall "raus gelangt" und es dadurch im Raum etwas leiser wird. Die Gesamtfläche der zu öffnenden Fenster beträgt 10 m². Wie groß ist der sich im Raum einstellende Schalldruckpegel nach dem Öffnen der Fenster?

Aufgabe 9 (9P)

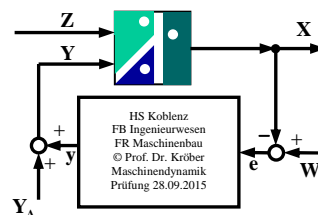
Eine Flasche hat ein Volumen von 0,33 Liter. Die Maße der Öffnung sind in der Abbildung angegeben. Der Luftdruck beträgt 1 bar, die Dichte der Luft sei 1,189 kg/m³. Bestimmen Sie die Federsteifigkeit c, die Masse m und die Helmholtzfrequenz [in Hz] der schwingenden Luftsäule.



Geg.: $\kappa = 1,4$

Hilfestellungen: $c = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \kappa \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 = \kappa \cdot \frac{p}{V} \cdot \left(d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \right)^2$; $m = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(l + \frac{\pi}{4} \cdot d \right) \cdot \rho$

Bemerkung: Bei der schwingenden Masse ist die beidseitige Mündungskorrektur berücksichtigt.

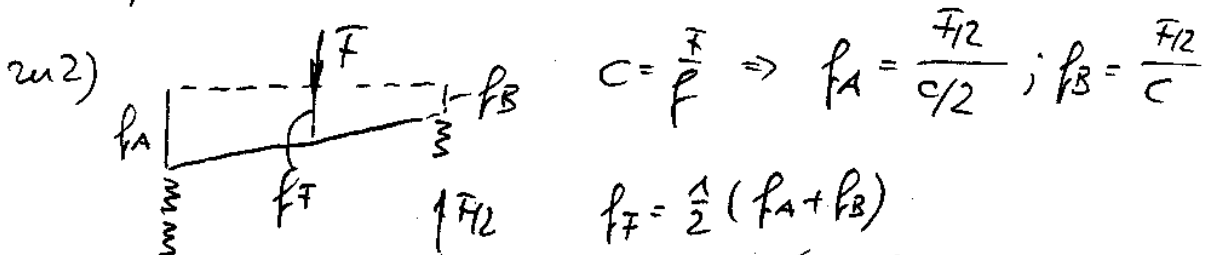


Lösungen Prüfung Maschinendynamik 28.09.15

zu 1, a) $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \Rightarrow \underline{\underline{\ddot{x} = -\omega_0^2 x = -10^2 \cdot 0,002 \text{ m/s}^2 = -0,2 \text{ m/s}^2}}$

b) $\underline{\underline{t = \frac{1}{4} T_0 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{1}{4} \cdot \frac{2\pi}{10} \text{ s} = 0,157 \text{ s}}}$

c) \ddot{x} verdoppelt, t unverändert



$f_F = \frac{1}{2} (f_A + f_B)$

$\frac{F}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{F/2}{C/2} + \frac{F/2}{C} \right)$

$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{2C} \right) = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{C} \Rightarrow C_{\text{ges}} = \frac{4}{3} C$

$\underline{\underline{\omega_0 = \sqrt{\frac{C_{\text{ges}}}{m}} = \sqrt{\frac{\frac{4}{3} C}{m}} = \sqrt{\frac{4C}{3m}} = 2 \sqrt{\frac{C}{3m}}}}$

zu 3) $\omega_{01}^2 = \frac{C_D}{J} = \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2$; $\omega_{02}^2 = \frac{C_D}{J + 2ma^2} = \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2$

$C_D = J \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2$

$C_D = (J + 2ma^2) \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2$

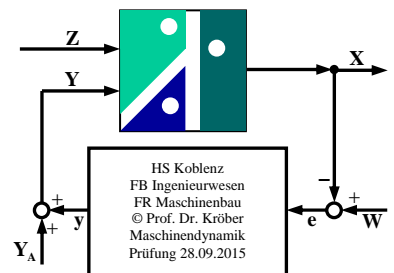
Gleichsetzen C_D :

$J \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 = (J + 2ma^2) \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2 \cdot T_1^2$

$J = J \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 + 2ma^2 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2$

$J \left(1 - \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 \right) = 2ma^2 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2$

$\underline{\underline{J = 2ma^2 \frac{\left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2} \cdot \frac{T_2^2}{T_2^2} = 2ma^2 \frac{T_1^2}{T_2^2 - T_1^2}}}$



Lösungen Prüfung Maschinendynamik 28.09.15

214) $\eta > 1: V_2 = \frac{\dot{x}}{\dot{y}} = \frac{1}{z^2 - 1} \Rightarrow z^2 - 1 = \frac{1}{V_2} \Rightarrow z^2 = \frac{1}{V_2} + 1$

$\eta = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{2\pi f}{\sqrt{\frac{c}{m}}} \Rightarrow \sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{2\pi f}{\eta} \Rightarrow c = m \frac{(2\pi f)^2}{\eta^2}$

$c = \frac{m (2\pi f)^2}{\left(\frac{1}{V_2}\right)^2 + 1} = \frac{40 (2\pi \cdot 16)^2}{\left(\frac{1}{0,05}\right)^2 + 1} \text{ N/m} = 19250 \text{ N/m}$

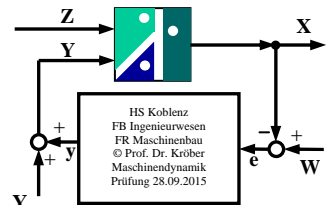
Ersetze 0,05 durch 0,1 $\Rightarrow c = 36751 \text{ N/m}$

Somit $19250 \text{ N/m} \leq c \leq 36751 \text{ N/m}$

215(a) $\omega_0 = \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} = \sqrt{\frac{400000}{20}} \text{ s}^{-1} = 141,425^{-1}$

$\eta = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{200}{141,42} = 1,414 (= \sqrt{2}) > 1$

$V_1 = \frac{1}{z^2 - 1} = \frac{\dot{x} \cdot c}{F} \Rightarrow \underline{\underline{F}} = \frac{\dot{x} \cdot c}{V_1} = \frac{0,002 \cdot 400000}{1,414^2 - 1} \text{ N} = \underline{\underline{800 \text{ N}}}$



b) Tilgung (Zähler = 0) $\Rightarrow \underline{\underline{c_2}} = m_2 \omega^2 = \frac{20 \text{ kg}}{10 \text{ m}} (200 \text{ s}^{-1})^2 = \underline{\underline{80000 \text{ N/m}}}$

c) $\underline{\underline{x_2}} = \frac{c_2 \dot{x}}{m_1 m_2 \omega^4 - (m_1 c_2 + m_2 (c_1 + c_2)) \omega^2 + c_1 c_2}$
 $= \frac{80000 \cdot 800}{20 \cdot 2 \cdot 200^4 - (20 \cdot 80000 + 2(400000 + 80000)) 200^2 + 400000 \cdot 80000} \text{ m}$
 $= -10 \text{ mm}$ (exakt) Bem.: Minuszeichen $\hat{=}$ Gegenphase

216) $L_{10} = L_1 + 10 \cdot \lg \eta_{10}$ ①

$L_x = L_1 + 10 \cdot \lg \eta_x$ ②

① - ②:

$L_{10} - L_x = 10 \cdot \lg \eta_{10} - 10 \cdot \lg \eta_x$

$10 \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{\eta_{10}}{\eta_x}$

$\frac{\eta_{10}}{\eta_x} = 10 \Rightarrow \eta_x = \frac{\eta_{10}}{10} = \frac{10}{10} = 1$

also: pro Stunde 1 Zug

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 28.09.15

zu 6, Detailalternative: Sei L_{mess} und t_{mess} pro Zug

$$L_{eq_{n0}} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_{ges}} \cdot n_{n0} \cdot 10^{0,1 L_{mess} \cdot t_{mess}} \right]$$

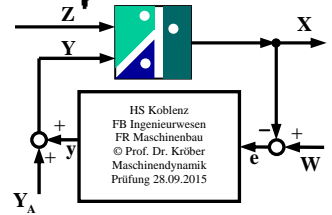
$$L_{eq_x} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_{ges}} \cdot n_x \cdot 10^{0,1 L_{mess} \cdot t_{mess}} \right]$$

$$L_{eq_{n0}} - L_{eq_x} = 10 \text{ dB}$$

$$10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_{ges}} \cdot n_{n0} \cdot 10^{0,1 L_{mess} \cdot t_{mess}} \right] - 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_{ges}} \cdot n_x \cdot 10^{0,1 L_{mess} \cdot t_{mess}} \right] = 10 \text{ dB}$$

$$10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_{ges}} \cdot 10^{0,1 L_{mess} \cdot t_{mess}} \right] + 10 \cdot \lg n_{n0} - 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_{ges}} \cdot 10^{0,1 L_{mess} \cdot t_{mess}} \right] - 10 \cdot \lg n_x = 10 \text{ dB}$$

... weiter wie zuvor...



zu 7) A: $L_{p_i} = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg v = (70 - 8 - 20 \cdot \lg 4) \text{ dB(A)} = 49,959 \text{ dB(A)}$

$$L_{\Sigma A} = (49,959 + 10 \cdot \lg 4) \text{ dB(A)} = 55,980 \text{ dB(A)} \approx \underline{\underline{56,0 \text{ dB(A)}}$$

B: $v = \sqrt{4^2 + 2^2} \text{ m} = 4,472 \text{ m}$

$$L_1 = (70 - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg 4,472) \text{ dB(A)} = 48,990 \text{ dB(A)} \quad (< 2 \text{ mal})$$

$$L_2 = (70 - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg 2) \text{ dB(A)} = 55,979 \text{ dB(A)}$$

$$L_3 = (70 - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg 6) \text{ dB(A)} = 46,437 \text{ dB(A)}$$

$$L_{\Sigma B} = 10 \cdot \lg \left[2 \cdot 10^{4,8990} + 10^{5,5979} + 10^{4,6437} \right] \text{ dB(A)} = 57,772 \text{ dB(A)} \approx \underline{\underline{57,8 \text{ dB(A)}}$$

zu 8) $T = 9,163 \frac{\text{V}}{\text{A}} \Rightarrow A = \frac{0,163 \cdot Y}{T} = \frac{0,163 \cdot 150}{1} \text{ m}^2 = 24,45 \text{ m}^2$

$$L_w = L_p - 6 \text{ dB} + 10 \cdot \lg A = (68 - 6 + 10 \cdot \lg 24,45) \text{ dB(A)} = 75,883 \text{ dB(A)}$$

$$L_p = L_w + 6 \text{ dB} - 10 \cdot \lg A = (75,883 + 6 - 10 \cdot \lg (24,45 + 10)) \text{ dB(A)} = 66,510 \text{ dB(A)} \approx \underline{\underline{66,5 \text{ dB(A)}}$$

zu 9) $C = 1,4 \frac{10^5}{0,33 \cdot 10^{-3}} \left(0,0172^2 \frac{\pi}{F} \right)^2 \text{ N/m} = 22,904 \text{ N/m}$

$$m = 0,0172^2 \frac{\pi}{F} (0,036 + \frac{\pi}{F} \cdot 0,0172) \cdot 1,189 \cdot \lg = 1,368 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{22,904}{1,368 \cdot 10^{-5}}} \text{ Hz} = 205,95 \text{ Hz} \approx \underline{\underline{206 \text{ Hz}}}$$