Hochschule Koblenz Blatt 1 von 4
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

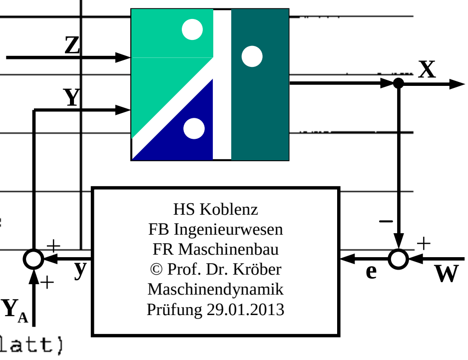
Matr.-Nr. ______________________

Maschinendynamik WS 12/13
Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

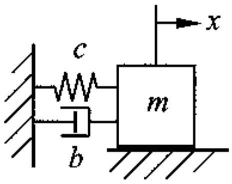
| Aufgabe | erreichte Punkte |
|---|---|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| Summe | |




Note : ______________________

Erlaubte Hilfsmittel:
- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Technische Mechanik III" (5 Blätter)
- Formelsammlungsblatt "Massenträgheitsmomente: ..." (1 Blatt)
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (7 Blätter)
- Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik (11 Blätter)

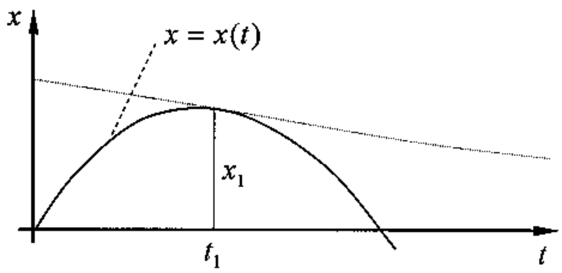
## Aufgabe 1 ( 14P )




Ein Schwingungssystem mit einem Freiheitsgrad startet zum Zeitpunkt t = 0 mit einer Anfangsgeschwindigkeit $v_0$. Die Anfangsauslenkung sei gleich Null.

Zum Zeitpunkt $t = t_1 = \frac{T_d}{4}$ sei die Auslenkung x = $x_1$ = 20 mm.

Ferner sind gegeben: $\omega_d$ = 4 $s^{-1}$; $\delta$ = 3 $s^{-1}$




a. Bestimmen Sie zunächst folgende Größen: $\omega_0$, $\vartheta$ und $\Lambda$ !

b. Wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit $v_0$ !

Hinweis zur Lösung:

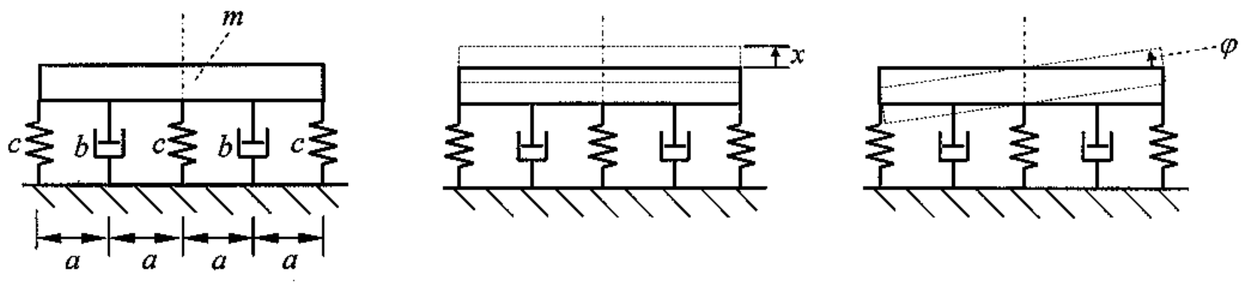
$$x = x(t) = e^{-\delta t} \cdot \left[ \frac{v_0 + \delta \cdot x_0}{\omega_d} \cdot \sin(\omega_d t) + x_0 \cos(\omega_d t) \right] = e^{-\delta t} \cdot C \cdot \sin(\omega_d t + \varphi_0)$$

## Aufgabe 2 ( 18P )

Zur Schwingungsisolierung wird eine Maschinenplattform auf elastischen Elementen gelagert. Grundsätzlich kann das System vertikale Schwingungen und Drehschwingungen (kleine Auslenkungen) ausführen.

Geg.: c = 5000 N/m; a = 0,2 m; m = 18 kg; $J_S = \frac{4}{3} \cdot m \cdot a^2$ = 0,96 kgm²

b = 50 N·s/m




Für die translatorische Schwingung (Freiheitsgrad x) gilt:

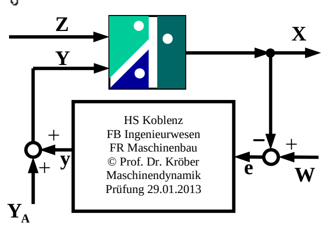
$$m \cdot \ddot{x} + 2 \cdot b \cdot \dot{x} + 3 \cdot c \cdot x = 0$$

a. Weisen Sie diese Gleichung nach (bzw. schlüssige Begründung) und bestimmen Sie die dazugehörende Eigenfrequenz $f_0$ und den Dämpfungsgrad $\vartheta$ (zahlenmäßige Lösung)!

Für die rotatorische Schwingung (Freiheitsgrad $\varphi$) gilt:

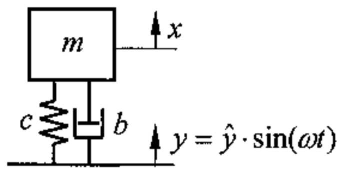
$$J_S \cdot \ddot{\varphi} + 2 \cdot b \cdot a^2 \cdot \dot{\varphi} + 8 \cdot c \cdot a^2 \varphi = 0$$

b. Weisen Sie diese Gleichung nach (bzw. schlüssige Begründung) und bestimmen Sie die dazugehörende Eigenfrequenz $f_0$ und den Dämpfungsgrad $\vartheta$ (zahlenmäßige Lösung)!




## Aufgabe 3 ( 12P )

Eine fußpunkterregte Masse besitzt eine Schwingamplitude von $\hat{x}$ = 0,7 mm. Der Dämpfungsgrad beträgt $\vartheta = 0{,}7$; die dimensionslose Kreisfrequenz beträgt ebenfalls $\eta = 0{,}7$.

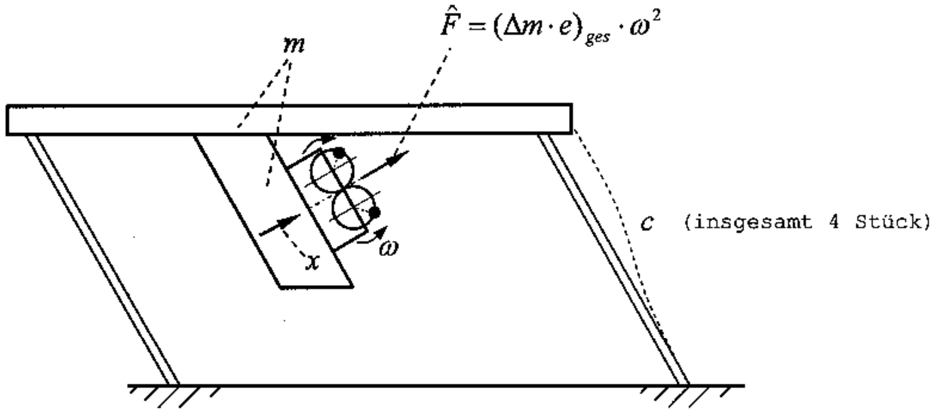



a. Wie groß ist die Amplitude $\hat{y}$ des Fußpunktes?

b. Wie groß ist die Amplitude des Relativweges $\hat{x}_{rel}$?

## Aufgabe 4 ( 14P )

Die Abbildung zeigt eine Schwingförderrinne, die durch ein Unwuchtsystem in Schwingungen versetzt wird. Es werden zwei Unwuchtmassen eingesetzt. Jede Unwuchtmasse beträgt $\Delta m$ = 0,8 kg, die Exzentrizität beträgt e = 30 mm. Die Masse der Schwingförderrinne beträgt m = 80 kg. Die schwingende Masse ist durch 4 Blattfedern zum Untergrund abgestützt. Jede Blattfeder hat eine Federsteifigkeit von c = 30000 N/m. Weitere Reibungseinflüsse werden vernachlässigt.




a. Wie groß muss die Drehzahl der Unwuchtmassen [in 1/min] sein, wenn das System mit $\eta$ = 2 betrieben werden soll?

b. Wie groß ist dann die Schwingamplitude $\hat{x}$?

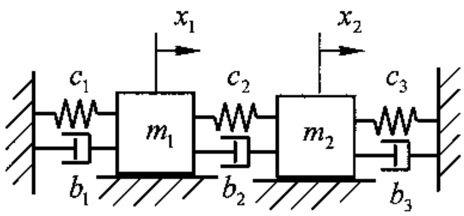


## Aufgabe 5 ( 6P )

Für das abgebildete Schwingungssystem mit 2 Freiheitsgraden ist die Differentialgleichung für die Masse $m_1$ angegeben. Wie lautet die Differentialgleichung für die Masse $m_2$?

$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 = -c_1 \cdot x_1 - b_1 \cdot \dot{x}_1 - c_2 \cdot (x_1 - x_2) - b_2 \cdot (\dot{x}_1 - \dot{x}_2)$$

$$m_2 \cdot \ddot{x}_2 = \ldots$$



## Aufgabe 6 ( 14P )

An einem Messpunkt liegt folgender Schalldruckverlauf vor:

$$p(t) = \hat{p}_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t) + \hat{p}_2 \cdot \sin(2\pi f_2 t) + \hat{p}_3 \cdot \sin(2\pi f_3 t)$$

Zahlenwerte:
$\hat{p}_1 = 0{,}10 Pa$ ; $f_1 = 500 Hz$ ; $\hat{p}_2 = 0{,}08 Pa$ ; $f_2 = 1000 Hz$ ; $\hat{p}_3 = 0{,}06 Pa$ ; $f_3 = 2000 Hz$

a. Wie groß ist der Gesamtschalldruckpegel in [dB] (linear bewertet)?

b. Wie groß ist der Gesamtschalldruckpegel in [dB] (A bewertet)?

c. Wie groß ist der Gesamtpegel (Rechnung nur für die A-Bewertung), wenn zusätzlich noch ein Störpegel von L = 67 dB(A) vorliegt?

## Aufgabe 7 ( 12P )

In einem Raum wird eine Maschine mit einem Schallleistungspegel von $L_W$ = 96 dB(A) betrieben. Das Raumvolumen beträgt V = 120 m$^3$, die Nachhallzeit beträgt T = 0,7 s. Die Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit wird hier nicht berücksichtigt.

a. Wie groß ist die Gesamtabsorptionsfläche A des Raumes?

b. Wie groß ist der Hallradius $r_H$?

c. Welcher Schalldruckpegel stellt sich im diffusen Schallfeld ein?

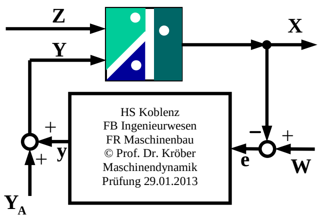
d. Wie viele Stunden darf die Maschine betrieben werden, damit der auf 8 Stunden bezogene energieäquivalente Dauerschallpegel 85 dB(A) beträgt?

## Aufgabe 8 ( 10P )

Auf einem freien Gelände befinden sich drei gleiche Maschinen. Jede der drei Maschinen hat einen Schallleistungspegel von $L_W$ = 95 dB(A). Zu bestimmen ist der Schalldruckpegel an einem gemeinsamen Messpunkt. Die einzelnen Abstände vom Messpunkt zu den einzelnen Maschinen betragen 10m, 50m und 100m.
Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.

a. Wie groß ist der Schalldruckpegel an dem Messpunkt, wenn nur die nächst liegende Maschine berücksichtigt wird?

b. Wie groß ist der Schalldruckpegel, wenn alle drei Maschinen berücksichtigt werden?



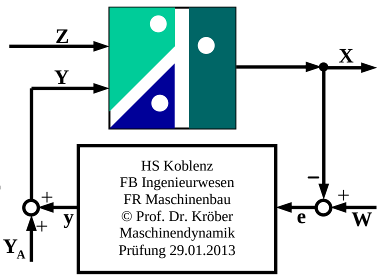
# Prüfung Maschinendynamik 29.01.13 / Blatt 1

zu 1,a) $\omega_0 = \sqrt{\omega_d^2+\delta^2} = \sqrt{4^2+3^2}\,s^{-1} = 5\,s^{-1}$

$\vartheta = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{3}{5} = 0{,}6$ ; $\Lambda = \frac{2\pi\vartheta}{\sqrt{1-\vartheta^2}} = \frac{2\cdot\pi\cdot 0{,}6}{\sqrt{1-0{,}6^2}} = 4{,}712$

b) $x = e^{-\delta t}\left[\frac{v_0}{\omega_d}\cdot\sin\omega_d t\right]$ ; $t=t_1=\frac{T_d}{4} = \frac{1}{4}\cdot\frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{1}{4}\,\frac{2\cdot\pi}{4}\,s = 0{,}3927\,s$

$x_1 = e^{-\delta t_1}\left[\frac{v_0}{\omega_d}\cdot \underbrace{\sin(\underbrace{\omega_d \frac{T_d}{4}}_{\pi/2})}_{=1}\right] = \frac{e^{-\delta t_1}\cdot v_0}{\omega_d}$




$v_0 = \frac{x_1\cdot\omega_d}{e^{-\delta t_1}} = \frac{0{,}02\cdot 4}{e^{-3\cdot 0{,}3927}}\,\frac{m}{s} = 0{,}260\,\frac{m}{s}$

zu 2,a) $m\ddot{x} + 2b\dot{x} + 3cx = 0 \;/\; \frac{1}{m}$

↳ 3 Federn parallel

→ 2 Dämpfer –"–

$\ddot{x} + \underbrace{\frac{2b}{m}}_{2\delta}\dot{x} + \underbrace{\frac{3c}{m}}_{\omega_0^2} x = 0$ $\rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3\cdot c}{m}} = \frac{1}{2\cdot\pi}\sqrt{\frac{3\cdot 5000}{18}}\,Hz = 4{,}59\,Hz$

$\vartheta = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{b/m}{\sqrt{\frac{3c}{m}}} = \frac{b}{\sqrt{3cm}} = \frac{50}{\sqrt{3\cdot 5000\cdot 18}} = 0{,}0962$

b) $b_{Dreh} = b\cdot a_\perp^2$ ; $a_\perp = a$ ; 2 Dämpfer, also $b_{Dreh} = 2\cdot b\cdot a^2$

$c_{Dreh} = c\cdot a_\perp^2$ ; $a_\perp = 2a$ ; 2 Federn, also $c_{Dreh} = 2\cdot c\,(2a)^2 = 8ca^2$

$J_S\ddot{\varphi} + 2ba^2\dot{\varphi} + 8ca^2\varphi = 0 \;/\; \frac{1}{J_S}$

$\ddot{\varphi} + \underbrace{\frac{2ba^2}{J_S}}_{2\delta}\dot{\varphi} + \underbrace{\frac{8ca^2}{J_S}}_{\omega_0^2}\varphi = 0$ $\rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{8ca^2}{J_S}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{8\cdot 5000\cdot 0{,}2^2}{0{,}96}}\,Hz$

$= 6{,}50\,Hz$

$\vartheta = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{\frac{ba^2}{J_S}}{\sqrt{\frac{8ca^2}{J_S}}} = \frac{\frac{50\cdot 0{,}2^2}{0{,}96}}{\sqrt{\frac{8\cdot 5000\cdot 0{,}2^2}{0{,}96}}} = 0{,}0510$

# Prüfung Maschinendynamik 29.01.13 Blatt 2

zu 3,a) $V_2 = \frac{\hat{x}}{\hat{y}} = \frac{\sqrt{1+(2\vartheta\eta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2+(2\vartheta\eta)^2}}$

$$\underline{\underline{\hat{y}}} = \hat{x} \cdot \frac{\sqrt{(1-\eta^2)^2+(2\vartheta\eta)^2}}{\sqrt{1+(2\vartheta\eta)^2}} = 0{,}7\,mm \; \frac{\sqrt{(1-0{,}7^2)^2+(2\cdot 0{,}7\cdot 0{,}7)^2}}{\sqrt{1+(2\cdot 0{,}7\cdot 0{,}7)^2}} = \underline{\underline{0{,}5523\,mm}}$$

b)

$$\underline{\underline{\hat{x}_{rel}}} = \hat{y}\,\frac{\eta^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2+(2\vartheta\eta)^2}} = 0{,}5523\,mm\;\frac{0{,}7^2}{\sqrt{(1-0{,}7^2)^2+(2\cdot 0{,}7\cdot 0{,}7)^2}} = \underline{\underline{0{,}2450\,mm}}$$

zu 4,a) $\omega_0^2 = \frac{4\cdot c}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{4c}{m}} = \sqrt{\frac{4\cdot 30000}{80}}\,s^{-1} = 38{,}73\,s^{-1}$

$$\eta = \frac{\omega}{\omega_0} \Rightarrow \omega = \eta\cdot\omega_0 = 2\cdot 38{,}73\,s^{-1} = 77{,}46\,s^{-1} = \frac{\pi\cdot n}{30}$$

$$\underline{\underline{n}} = \frac{30}{\pi}\cdot\omega = \frac{30}{\pi}\cdot 77{,}46\ 1/min = \underline{\underline{739{,}7\ 1/min}}$$

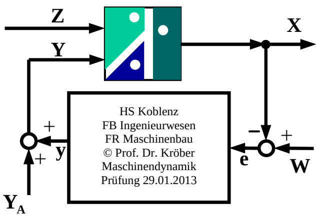
b) $$\underline{\underline{\hat{x}}} = \frac{\Delta m\cdot e}{m}\;\underbrace{\frac{\eta^2}{\eta^2-1}}_{V_3\,(\eta>1)} = \frac{2\cdot 0{,}8\cdot 0{,}03}{80}\cdot\frac{2^2}{2^2-1}\,m = \underline{\underline{0{,}80\,mm}}$$

zu 5) $$m\ddot{x}_2 = -c_3 x_2 - c_2(x_2 - x_1) - b_3\dot{x}_2 - b_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$$

zu 6,a) $$L_1 = 20\cdot\lg\frac{p_{eff}}{p_{0eff}} = 20\cdot\lg\frac{\hat{p}_1/\sqrt{2}}{p_{0eff}} = 20\cdot\lg\frac{0{,}1/\sqrt{2}}{20\cdot 10^{-6}}\,dB = 70{,}9691\,dB$$

$$L_2 = 20\cdot\lg\frac{0{,}08/\sqrt{2}}{20\cdot 10^{-6}}\,dB = 69{,}0309\,dB$$

$$L_3 = 20\cdot\lg\frac{0{,}06/\sqrt{2}}{20\cdot 10^{-6}}\,dB = 66{,}5321\,dB$$




$$\underline{\underline{L_{ges}}} = 10\cdot\lg\left[10^{7{,}09691} + 10^{6{,}90309} + 10^{6{,}65321}\right] dB = 73{,}9794\,dB$$
$$\approx \underline{\underline{74{,}0\,dB}}$$

b) A bewertet: $L_1 = 70{,}9691 - 3{,}2 = 67{,}7691\,dB(A)$

$L_2$ unverändert

$L_3 = 66{,}5321 + 1{,}2 = 67{,}7321\,dB(A)$

# Prüfung Maschinendynamik 29.01.13 Blatt 3

$$L_{ges} = 10 \cdot lg\left[10^{6{,}77691} + 10^{6{,}90309} + 10^{6{,}77321}\right] dB(A)$$

$$= 72{,}9918\ dB(A) \approx \underline{\underline{73{,}0\ dB(A)}}$$

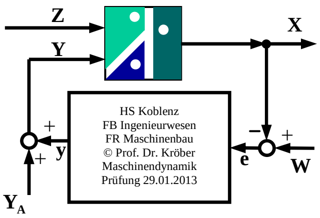
zu 6,c) $\underline{\underline{L_{ges}}} = 10 \cdot lg\left[10^{7{,}29918} + 10^{6{,}7}\right] dB(A) = 73{,}9667\ dB(A) \approx \underline{\underline{74{,}0\ dB(A)}}$

zu 7,a) $V = 0{,}163 \frac{V}{A} \Rightarrow \underline{\underline{A}} = \frac{0{,}163 \cdot V}{T} = \frac{0{,}163 \cdot 120}{0{,}7} m^2 = \underline{\underline{27{,}94 m^2}}$

b) $\underline{\underline{r_H}} = 0{,}141 \sqrt{A} = 0{,}141 \sqrt{27{,}94}\ m = \underline{\underline{0{,}745 m}}$

c) $\underline{\underline{L_p}} = (96 + 6 - 10 \cdot lg\ 27{,}94)\ dB(A) = 87{,}537\ dB(A) \approx \underline{\underline{87{,}5\ dB(A)}}$

d) $10^{0{,}1 L_m} \cdot T_m = 10^{0{,}1 L_1} \cdot T_1$




$$\underline{\underline{T_1}} = T_m \cdot 10^{0{,}1(L_m - L_1)} = 8h\ 10^{(8{,}5 - 8{,}7537)}$$

$$= \underline{\underline{4{,}46 h}}$$

zu 8,a) $\underline{\underline{L_{1\,10m}}} = (95 - 8 - 20 \cdot lg\ 10)\ dB(A) = \underline{\underline{67{,}0\ dB(A)}}$

$L_{2\,50m} = (95 - 8 - 20 \cdot lg\ 50)\ dB(A) = 53{,}02\ dB(A)$

$L_{3\,100m} = (95 - 8 - 20 \cdot lg\ 100)\ dB(A) = 47{,}0\ dB(A)$

b) $L_{ges} = 10 \cdot lg\left[10^{6{,}7} + 10^{5{,}302} + 10^{4{,}7}\right] dB(A)$

$$\underline{\underline{\quad}} = 67{,}21\ dB(A) \approx \underline{\underline{67{,}2\ dB(A)}}$$