

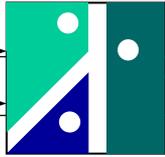
Maschinendynamik SS 10
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
Summe	



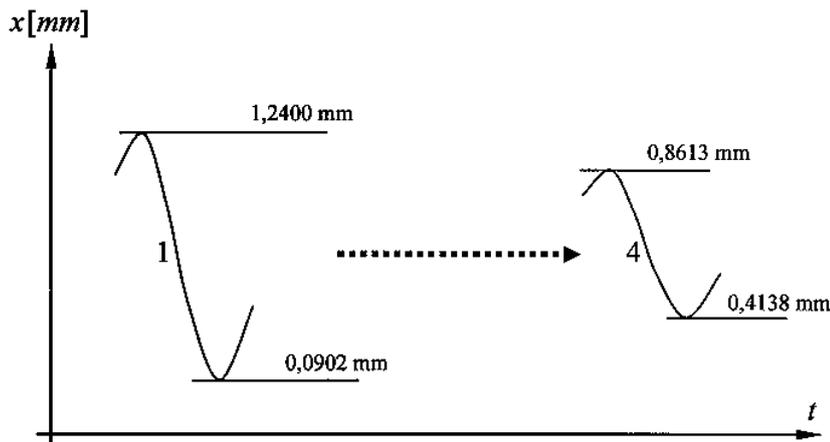


Erlaubte Hilfsmittel:

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Technische Mechanik III" (5 Blätter)
- Formelsammlungsblatt "Massenträgheitsmomente: ..." (1 Blatt)
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (7 Blätter)
- Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik (9 Blätter)

Aufgabe 1 (8P)

Bei einer Schwingungsprüfmaschine wird folgender Verlauf für eine ausklingende Schwingung gemessen.

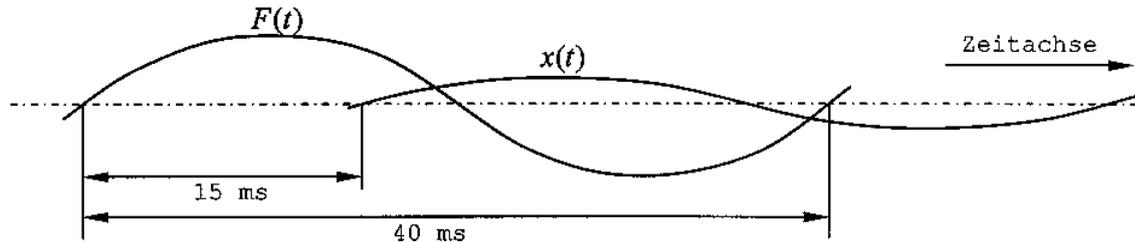


Hierbei ist der Verlauf der ersten Schwingung aufgezeichnet. Die zweite und dritte Schwingung ist nicht abgebildet. Die darauf folgende vierte Schwingung ist wieder abgebildet.

Wie groß sind das logarithmische Dekrement Λ und der Dämpfungsgrad β ?

Aufgabe 2 (12P)

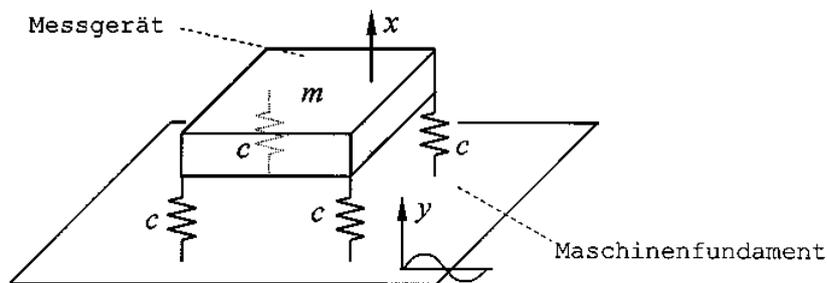
Von einem überkritisch betriebenen Schwingungserreger wurden der Kraftverlauf und der Verlauf des Schwingweges aufgezeichnet.



- Wie groß ist die Phasenverschiebung?
- Durch einen Ausschwingversuch wurde der Dämpfungsgrad mit $\vartheta=0,2$ bestimmt. Wie groß ist die Eigenfrequenz [in Hz] des Systems?

Aufgabe 3 (16P)

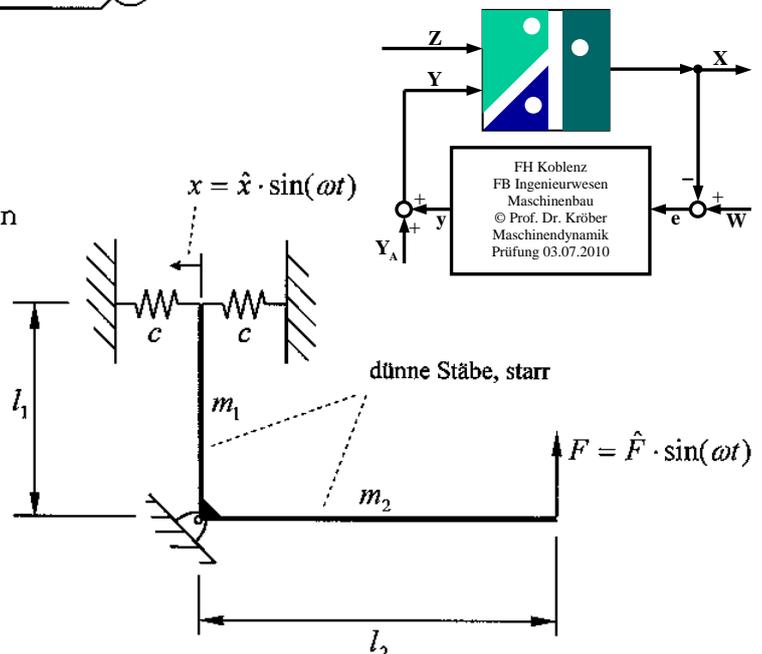
Ein Messgerät soll auf einem Maschinenfundament aufgestellt werden. Als Ausgangspunkt für die Auslegung wurde auf dem Maschinenfundament durch Messung eine Beschleunigung von $\hat{y} = 1,2\text{ m/s}^2$ bei einer Frequenz von 25 Hz ermittelt. Das Messgerät besitzt eine Masse von $m = 30\text{ kg}$ und soll eine (maximale) Schwingamplitude von 0,005 mm aufweisen. Wie groß ist die Federsteifigkeit c zu wählen? Die Dämpfung wird vernachlässigt.



Aufgabe 4 (16P)

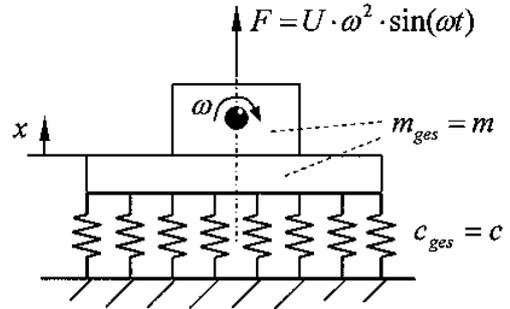
Das angegebene System wird an einem Stabende durch zwei Federn zentriert. Am anderen Stabende wirkt eine sinusförmige Kraft. Bestimmen Sie den dynamischen Anteil \hat{x} des Federweges in Abhängigkeit der gegebenen Größen (kleine Auslenkungen)! Bem.: keine Berücksichtigung der Erdbeschleunigung g

Geg.: \hat{F} , ω , c , m_1 , m_2 , l_1 , l_2



Aufgabe 5 (18P)

Eine Maschine ist auf einer Grundplatte montiert. Der Rotor der Maschine weist eine Unwucht von $U = 0,2 \text{ kg}\cdot\text{m}$ auf und hat eine Drehzahl von 1450 1/min . Schwingungstechnisch ist die Maschine vom Untergrund mit $c = 150 \text{ kN/mm}$ abgekoppelt. Im Auslegungszustand beträgt die gesamte schwingende Masse $m = 4000 \text{ kg}$. Betrachtet werden nur die Schwingungen in der vertikalen Schwingrichtung. Die Dämpfung wird vernachlässigt.



- Berechnen Sie die sich einstellende Schwingamplitude!
- Im Folgenden soll durch Variation der Masse m die Schwingamplitude auf einen Wert von $0,06 \text{ mm}$ verringert werden. Wie groß muss die dazu erforderliche schwingende Masse m sein? Es soll nur der unterkritische Fall untersucht werden.

Aufgabe 6 (16P)

In der TA-Lärm (Technische Anleitung Lärm) sind im Bezugszeitraum "tags" in Deutschland folgende Immissionsrichtwerte einzuhalten:

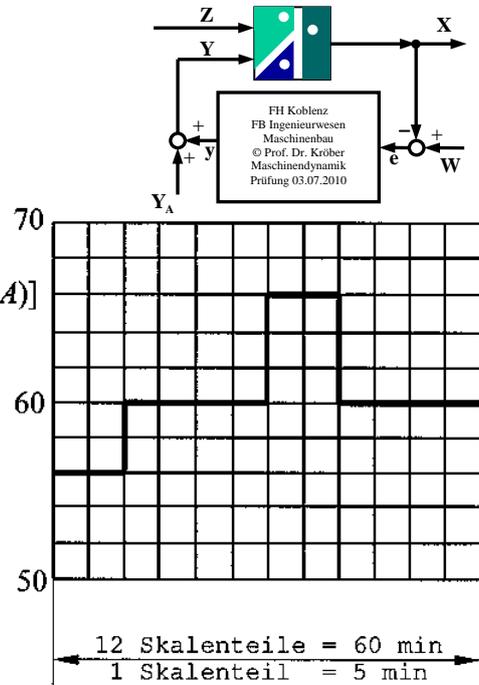
Industriegebiete	70 dB(A)
Gewerbegebiete	65 dB(A)
Mischgebiete	60 dB(A)

In einer Stunde wird der in der Graphik abgebildete zeitliche Pegelverlauf für eine typische Stunde gemessen.

- Wie groß ist der Mittelungspegel?

Zusätzlich zu diesem Mittelungspegel kommt mit $L_{eq} = 70 \text{ dB(A)}$ (Messzeit 4 min) noch ein weiteres Schallereignis hinzu.

- Wie groß ist dann der Mittelungspegel?
- In welchem der oben genannten 3 Gebiete (Industriegebiet, Gewerbegebiet, Mischgebiet) ist dieser Gesamtpegel zulässig?

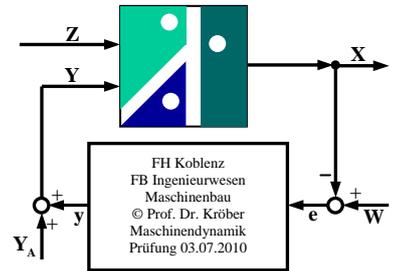


Aufgabe 7 (14P)

In einem Raum herrscht ein Ruhepegel von 28 dB(A) . Nun werden in dem Raum 10 gleichartige Maschinen betrieben. Dadurch stellt sich in dem Raum ein Schalldruckpegel von 42 dB(A) ein. Wie groß ist der Schalldruckpegel in dem Raum, wenn nur 2 Maschinen betrieben werden?

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 03.07.10 Blatt 1

$$\begin{aligned}
 m1) \quad \Lambda &= \frac{1}{n} \ln \frac{x_i}{x_i+n} \quad n=3 \\
 &= \frac{1}{3} \ln \frac{1,24-0,0902}{0,8613-0,4138} = 0,31456 \approx 0,315 \\
 \underline{\underline{\eta}} &= \frac{\Lambda}{\sqrt{\Lambda^2 + (2\pi)^2}} = \frac{0,31456}{\sqrt{0,31456^2 + (2\pi)^2}} = \underline{\underline{0,05}}
 \end{aligned}$$



$$m2) \quad \varphi = -\frac{15 \text{ms}}{40 \text{ms}} \cdot 360^\circ = -135^\circ \text{ (eilt nach)}$$

$$b) \quad \tan \varphi = -\frac{2\eta\gamma}{1-\gamma^2} \Rightarrow \tan \varphi - \gamma^2 \tan \varphi = -2\eta\gamma \quad | \cdot \frac{1}{\tan \varphi}$$

$$0 = \gamma^2 - \frac{2\eta}{\tan \varphi} \gamma - 1$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_{1/2} &= \frac{\eta}{\tan \varphi} (\pm) \sqrt{\left(\frac{\eta}{\tan \varphi}\right)^2 + 1} = \frac{0,2}{\tan(-135^\circ)} (\pm) \sqrt{\left(\frac{0,2}{\tan(-135^\circ)}\right)^2 + 1} \\
 &= 1,2198 = \frac{f}{f_0} = \frac{1}{f_0 \cdot T}
 \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{f_0}} = \frac{1}{1,2198 \cdot T} = \frac{1}{1,2198 \cdot 0,04} \text{ Hz} = \underline{\underline{20,495 \text{ Hz}}}$$

$$m3) \quad a = r \cdot \omega^2$$

$$\hat{y} = \hat{y} \cdot \omega^2 \Rightarrow \hat{y} = \frac{\hat{y}}{(2\pi f)^2} = \frac{1,2}{(2\pi \cdot 25)^2} \text{ m} = 48,674 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{vergl. } \hat{x} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

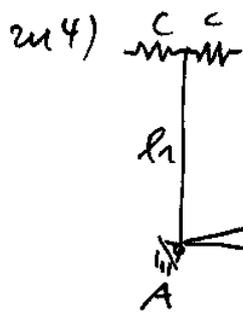
Abminderung möglich, falls $\gamma > \sqrt{2}$ (insbesondere $\gamma \gg 1$)

$$\begin{aligned}
 V_2 = \frac{1}{\gamma^2 - 1} = \frac{\hat{x}}{\hat{y}} \Rightarrow \gamma^2 - 1 = \frac{\hat{y}}{\hat{x}} \Rightarrow \gamma = \sqrt{1 + \frac{\hat{y}}{\hat{x}}} \\
 = \sqrt{1 + \frac{48,674 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}}} = 3,275
 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\sqrt{\frac{4c}{m}}} \quad (4 \text{ Federn parallel})$$

$$\begin{aligned}
 \frac{m \cdot c \cdot \gamma^2}{m} = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \Rightarrow c = \frac{m \cdot \pi^2 \cdot f^2}{\eta^2} = \frac{30 \cdot \pi^2 \cdot 25^2}{3,275^2} \frac{\text{N}}{\text{m}} \\
 = \underline{\underline{17,25 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}}}}
 \end{aligned}$$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 03.07.10 Blatt 2



$$J_A \ddot{\varphi} = \hat{F} \cdot l_2 \cdot \sin \alpha - 2 \cdot c \cdot l_1^2 \cdot \varphi$$

↑ 2. Ste parallel

$$J_A \ddot{\varphi} + 2c l_1^2 \varphi = \hat{F} l_2 \sin \alpha$$

Ansatz: $\varphi = \hat{\varphi} \cdot \sin \alpha \rightarrow \ddot{\varphi} = -\hat{\varphi} \omega^2 \sin \alpha$

eingesetzt in Dgl:

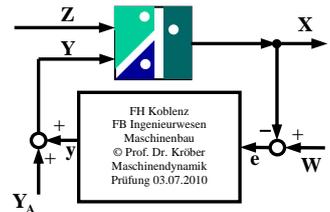
$$-\hat{\varphi} \omega^2 J_A \sin \alpha + 2c l_1^2 \hat{\varphi} \sin \alpha = \hat{F} l_2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha \left[(-J_A \omega^2 + 2c l_1^2) \hat{\varphi} - \hat{F} l_2 \right] = 0$$

= 0

also: $\hat{\varphi} = \frac{\hat{F} \cdot l_2}{2c l_1^2 - J_A \omega^2}$; $\hat{x} = \hat{\varphi} \cdot l_1$; $J_A = \frac{1}{3} m_1 l_1^2 + \frac{1}{3} m_2 l_2^2$

ergibt: $\hat{x} = \frac{\hat{F} \cdot l_1 \cdot l_2}{2c l_1^2 - \frac{1}{3} (m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) \omega^2}$



zu 5) $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{150 \cdot 10^6}{4000}} \text{ Hz} = 30,82 \text{ Hz}$

$$f = \frac{n}{60} = \frac{1450}{60} \text{ Hz} = 24,16... \text{ Hz}$$

also $z < 1$ $z = \frac{f}{f_0} = \frac{24,16...}{30,82} = 0,7841$

$$\frac{\hat{x}}{\frac{u}{m}} = V_z = \frac{z^2}{1-z^2} \Rightarrow \hat{x} = \frac{u}{m} \cdot \frac{z^2}{1-z^2} = \frac{0,2}{4000} \cdot \frac{0,7841^2}{1-0,7841^2} \text{ m}$$

$= 79,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$$b) \hat{x} = \frac{u}{m} \cdot \frac{(\frac{\omega}{\omega_0})^2}{1-(\frac{\omega}{\omega_0})^2} = \frac{u}{m} \cdot \frac{\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2} = \frac{u}{m} \cdot \frac{\omega^2}{\frac{c}{m} - \omega^2} = \frac{u \cdot \omega^2}{c - m \omega^2}$$

Auflösen nach m:

$$c - m \omega^2 = \frac{u \cdot \omega^2}{\hat{x}} \Rightarrow m = \frac{c}{\omega^2} - \frac{u}{\hat{x}} = \left[\frac{150 \cdot 10^6}{(2 \cdot \pi \cdot 24,16...)^2} - \frac{0,2}{60 \cdot 10^{-6}} \right] \text{ kg}$$

$$= (6505,76 - 3333,3) \text{ kg} = 3172,4 \text{ kg}$$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 03.07.10 Blatt 3

nach zu 5) Anmerkung: überkritischer Fall, ersetze $V_3 = \frac{z^2}{1-z^2}$ durch

$V_3 = \frac{z^2}{z^2-1}$ "hat die gleiche Wirkung" wie "ersetze \vec{x} durch $-\vec{x}$ ", also:

$$m = \frac{c}{\omega^2} - \frac{2}{(-\vec{x})} = \frac{c}{\omega^2} + \frac{2}{\vec{x}} = \dots = (6505,76 + 3333,3) \text{ kg} = 9839 \text{ kg}$$

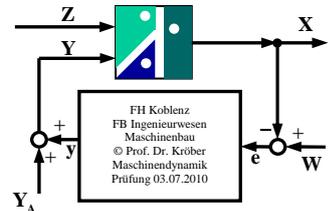
$$\text{zu 6) } L_m = 10 \cdot \lg \frac{10 \text{ min} \cdot 10^{5,6} + 10 \text{ min} \cdot 10^{6,6} + 40 \text{ min} \cdot 10^{6,0}}{60 \text{ min}} \text{ dB(A)}$$

$$= 61,451 \text{ dB(A)} \approx \underline{\underline{61,5 \text{ dB(A)}}$$

$$\text{b) } L_m = 10 \cdot \lg \left(\frac{4 \text{ min}}{60 \text{ min}} \cdot 10^{7,0} \right) \text{ dB(A)} = 58,239 \text{ dB(A)}$$

$$L_{\text{ges}} = 10 \cdot \lg \left[10^{6,1451} + 10^{5,8239} \right] \text{ dB(A)} = 63,145 \text{ dB(A)}$$

$$\approx \underline{\underline{63,1 \text{ dB(A)}}$$



c) Gewerbegebiet + Industriegebiet

$$\text{zu 7) } 10^{9,1 L_{\text{ges}}} = 10^{9,1 L_{\text{Ruhe}}} + 10 \cdot 10^{9,1 L_{\text{maschine}}}$$

$$L_{\text{maschine}} = 10 \cdot \lg \left[\frac{10^{9,1 L_{\text{ges}}} - 10^{9,1 L_{\text{Ruhe}}}}{10} \right]$$

$$= 10 \cdot \lg \left[\frac{10^{4,2} - 10^{2,8}}{10} \right] \text{ dB(A)} = 31,824 \text{ dB(A)}$$

$$L_{\text{ges}} = 10 \cdot \lg \left[10^{2,8} + 2 \cdot 10^{3,1824} \right] \text{ dB(A)}$$

$$\approx \underline{\underline{35,652 \text{ dB(A)}}} \approx \underline{\underline{35,7 \text{ dB(A)}}$$