

Maschinendynamik SS 16  
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

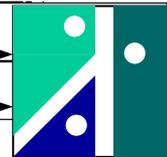
- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : \_\_\_\_\_

Erlaubte Hilfsmittel:

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

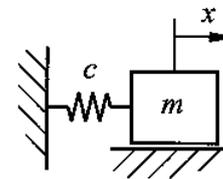
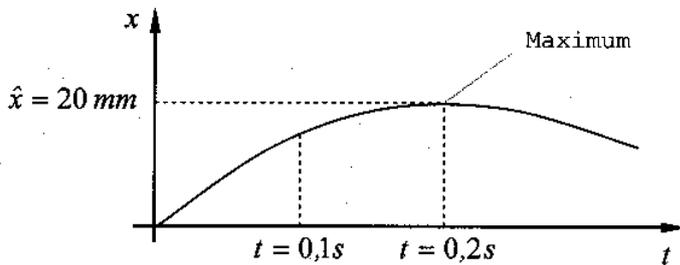
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Summe	



HS Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 FR Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Maschinendynamik  
 Prüfung 20.09.2016

Aufgabe 1 ( 16P )

Eine freie Schwingung hat den abgebildeten sinusförmigen Verlauf.



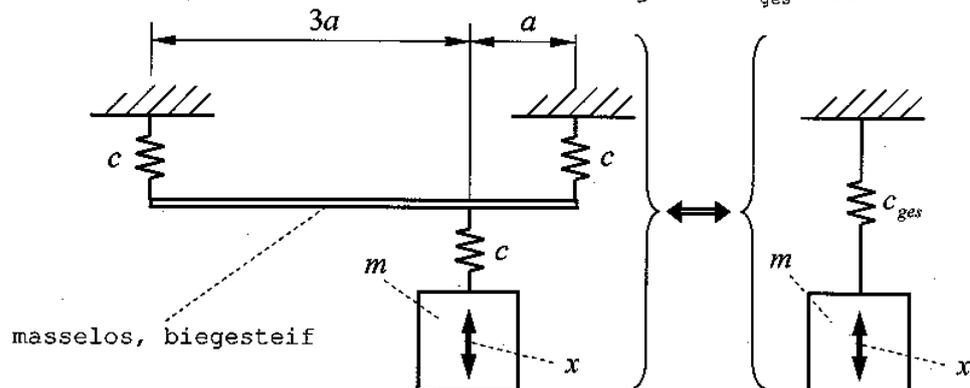
Die Federsteifigkeit beträgt 10000 N/m. Bestimmen Sie die potentielle und kinetische Energie zum Zeitpunkt  $t = 0,1$  s!

Aufgabe 2 ( 16P )

Durch die elastische Abstützung sind die beiden Systeme bezüglich der Masse  $m$  schwingungsfähig (Koordinate  $x$ ) und sollen die gleiche Eigenfrequenz haben. Wie groß muss die Federsteifigkeit  $c_{ges}$  sein?

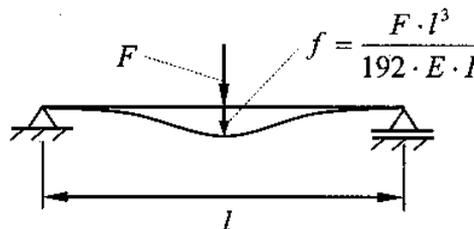
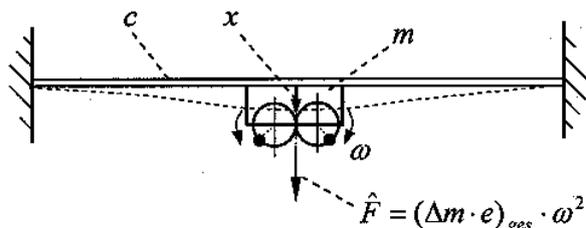
Ziel:

$c_{ges} = f(c) = ?$



Aufgabe 3 ( 12P )

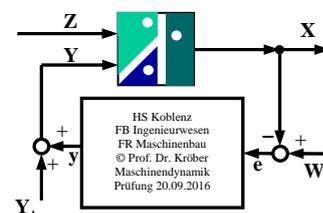
Ein elastischer Biegebalken, dessen Masse gegenüber der Maschine vernachlässigt werden kann, führt infolge der Erregung Schwingungen aus. Damit auf keinen Fall Resonanz auftritt, soll die Drehzahl des Schwingungserregers so ausgelegt werden, dass  $\eta$  maximal den Wert von 0,5 erreichen darf.



Ferner sei bekannt:

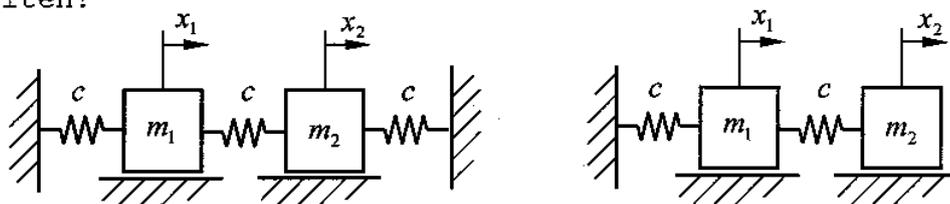
$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2; l = 1,6 \text{ m}; n = 1440 \text{ 1/min}; m = 40 \text{ kg}$$

Bestimmen Sie das Flächenmoment für den Auslegungsfall!



Aufgabe 4 ( 5P )

Für das links abgebildete Zweimassenschwingsystem sind die dazugehörigen Gleichungen angegeben. Welcher Term/welche Terme müssen aus den Gleichungen raus gestrichen werden, damit die Gleichungen für das rechte System gelten?



$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 = -c \cdot x_1 - c \cdot (x_1 - x_2)$$

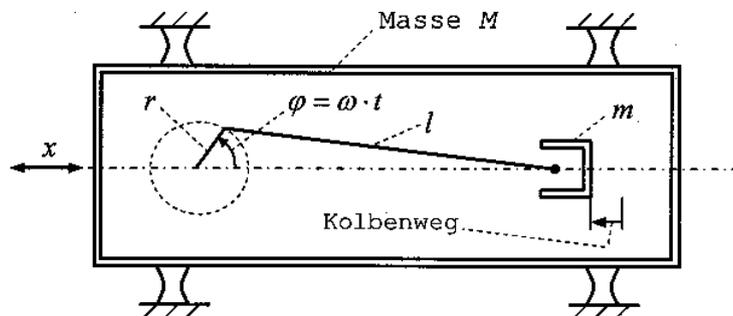
$$m_2 \cdot \ddot{x}_2 = -c \cdot x_2 - c \cdot (x_2 - x_1)$$

Aufgabe 5 ( 16P )

Der Kurbeltrieb läuft mit Leerlaufdrehzahl 1000 1/min. Wie groß ist die sich einstellende Schwingamplitude  $\hat{x}$  des Schwingungsanteils  $n = 2000 \text{ 1/min}$  aufgrund der Massenkraft des Kolbens?

Geg.:  $c = 4 \cdot c_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}$   
 $M = 80 \text{ kg}$   
 $m = 0,8 \text{ kg}$   
 $r = 30 \text{ mm}$   
 $l = 120 \text{ mm}$

Schubstangenverhältnis  $\lambda = r/l = 0,25$



Hilfestellung: Durch die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens entsteht eine Massenkraft, die wie folgt angegeben werden kann:

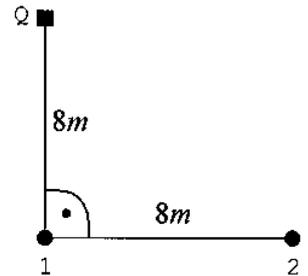
$$F = m \cdot a = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot [\cos(\varphi) + \lambda \cdot \cos(2 \cdot \varphi) - \dots \cdot \cos(4 \cdot \varphi) + \dots \cdot \cos(6 \cdot \varphi) - \dots] ; \varphi = \omega \cdot t$$

Aufgabe 6 ( 8P )

An einem Messpunkt wird eine Gesamtschallintensität von  $I_{ges} = 10^{-4} \text{ W/m}^2$  ermittelt. 80 % dieser Gesamtintensität werden von einer "lauten Maschine" verursacht und je 10% von zwei gleichen "leiseren Maschinen". Welchen Schalldruckpegel erzeugt die "laute Maschine" allein und welchen Schalldruckpegel erzeugt eine der "leiseren Maschinen" allein?

Aufgabe 7 ( 10P )

In dem zu untersuchenden Bereich herrscht überall ein Ruhepegel von 52 dB(A). Nun wird eine punktförmige Schallquelle Q aktiviert. An der Messstelle 1 wird dann ein Gesamtpegel von 58 dB(A) gemessen. Wie groß ist der Gesamtpegel an der Messstelle 2? Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.



Aufgabe 8 ( 6P )

An einer stark befahrenen Straße fahren pro Stunde 120 PKWs und 20 LKWs. Der Leq einer LKW Vorbeifahrt beträgt 60 dB(A) (Messzeit 60s), für eine PKW Vorbeifahrt werden 52 dB(A) (Messzeit 45s) zugrunde gelegt. Bestimmen Sie den energieäquivalenten Dauerschallpegel für den Zeitraum einer Stunde!

Aufgabe 9 ( 3P )

Ein Schallpegelmesser kann zeitgleich den A-bewerteten (60,0 dB) und unbewerteten Pegel (66,6 dB) ermitteln/anzeigen. Es handelt sich um einen reinen Ton. Welche Aussage lässt sich daraus bezüglich der Frequenz treffen?

Aufgabe 10 ( 8P )

Im großen Vorlesungsraum (A032) der Hochschule Koblenz (Volumen  $5000 \text{ m}^3$ ) wurde in leerem Zustand eine Nachhallzeit von 1,1 Sekunden gemessen. In der Messtechnikvorlesung sind dort 100 Zuhörer. Jeder Zuhörer hat eine Absorptionsfläche von  $0,6 \text{ m}^2$ .

- Wie groß ist dann die Nachhallzeit?
- Je nach Nutzungsart enthält die Norm DIN 18041 Vorschläge für anzustrebende Nachhallzeiten.

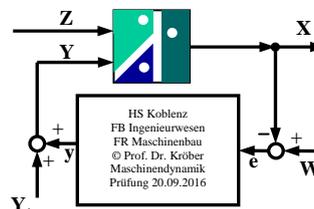
Nutzung Unterricht:  $T_{Soll} = 0,32 \cdot \lg V - 0,17$

Nutzung Sprache:  $T_{Soll} = 0,37 \cdot \lg V - 0,14$

Bei den Formeln handelt es sich um Zahlenwertgleichungen. Es ist V in  $[\text{m}^3]$  einzusetzen, die Nachhallzeit ergibt sich in [s].

Weitere Bemerkung:  $\lg x = \log_{10} x$

Prüfen Sie mit beiden Formeln, ob der Vorlesungsraum im akustischen Sinne korrekt ausgelegt ist!



# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 20.09.16

zu 1)  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2 \cdot \pi}{4,02s} = 7,854s^{-1}$

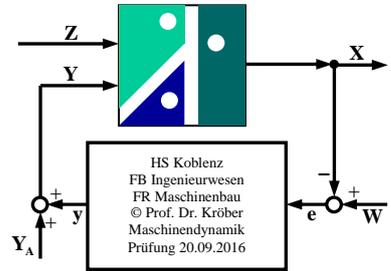
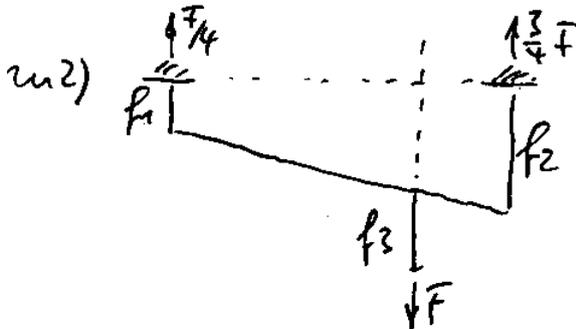
$\omega_0^2 = \frac{c}{m} \Rightarrow m = \frac{c}{\omega_0^2} = \frac{10000}{7,854^2} \text{ kg} = 162,11 \text{ kg}$

$x = \hat{x} \cdot \sin \omega_0 t = 0,02 \text{ m} \cdot \sin(7,854 \cdot 0,1) = 0,01414 \text{ m} = x_1$

$E_{\text{Pot}1} = \frac{c}{2} x_1^2 = \frac{10000}{2} \cdot 0,01414^2 \stackrel{\approx 45^\circ}{\text{J}} = 1 \text{ J}$

$\dot{x} = \hat{x} \omega_0 \cos \omega_0 t = 0,02 \text{ m} \cdot 7,854 \frac{1}{s} \cdot \cos(7,854 \cdot 0,1) = 0,1111 \text{ m/s} = \dot{x}_1$

$E_{\text{kin}1} = \frac{m}{2} \dot{x}_1^2 = \frac{162,11}{2} \cdot 0,1111^2 \text{ J} = 1 \text{ J}$



$f_{\text{ges}} = \frac{1}{4} f_1 + \frac{3}{4} f_2 + f_3 ; f_1 = \frac{F/4}{c} ; f_2 = \frac{3/4 F}{c} ; f_3 = \frac{F}{c}$

$\frac{F}{c_{\text{ges}}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \frac{F}{c} + \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} \frac{F}{c} + \frac{F}{c}$

$\frac{1}{c_{\text{ges}}} = \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{c} + \frac{9}{16} \cdot \frac{1}{c} + \frac{1}{c} = \frac{1+9+16}{16} \cdot \frac{1}{c} = \frac{26}{16} \cdot \frac{1}{c} = \frac{13}{8} \cdot \frac{1}{c}$

$c_{\text{ges}} = \frac{8}{13} \cdot c$

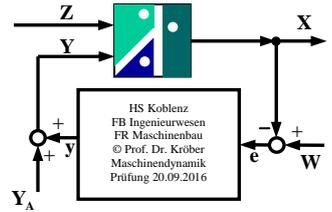
# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 20.09.16

m3)  $f = \frac{1440}{60} \text{ Hz} = 24 \text{ Hz}$

$\eta = \frac{f}{f_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow f_0 = 2 \cdot f = 2 \cdot 24 \text{ Hz} = 48 \text{ Hz}$

$\omega_0^2 = \frac{c}{m} \Rightarrow c = m \cdot \omega_0^2 = 40 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 48)^2 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 3,638 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

$c = \frac{F}{l^3} = \frac{192 \cdot \text{E} \cdot \text{J}}{l^3} \Rightarrow J = \frac{c \cdot l^3}{192 \cdot \text{E}} = \frac{3,638 \cdot 10^6 \cdot 1,6^3}{192 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}} \text{ m}^4$   
 $= \underline{\underline{3,696 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4}}$



m4) in Gleichung für  $m_2$  ist ein Term zu streichen:

$m_2 \ddot{x}_2 = -\cancel{c} x_2 - c(x_2 - x_1)$

m5)  $\frac{F}{l} = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda = 0,8 \left( 2 \cdot \pi \cdot \frac{2000}{60} \right)^2 \cdot 903 \cdot 0,25 \text{ N} = 263,19 \text{ N}$

$\omega_0^2 = \frac{c}{m} = \frac{2 \cdot 10^5}{80} \text{ s}^{-2} \Rightarrow \omega_0 = 50 \text{ s}^{-1}$   
 $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 2000}{30} \text{ s}^{-1} = 209,44 \text{ s}^{-1}$   
 $\gamma = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{209,44}{50} = 4,189$

$\frac{1}{x} = \frac{F}{c} \frac{1}{\gamma^2 - 1} = \frac{263,19}{2 \cdot 10^5} \cdot \frac{1}{4,189^2 - 1} \text{ m} = \underline{\underline{0,0795 \text{ mm}}}$

m6) laute Maschine  $J_1 = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$

$\underline{\underline{L_1}} = 10 \cdot \lg \frac{J_1}{J_0} = 10 \cdot \lg \frac{0,8 \cdot 10^{-4}}{10^{-12}} \text{ dB} = 79,031 \text{ dB} \approx \underline{\underline{79,0 \text{ dB}}}$

leise Maschine allein  $J_2 = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$

$\underline{\underline{L_2}} = 10 \cdot \lg \frac{0,1 \cdot 10^{-4}}{10^{-12}} \text{ dB} = \underline{\underline{70,0 \text{ dB}}}$

# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 20.09.16

$$zu 7) L_{p1} = 10 \cdot \lg [10^{5,8} - 10^{5,2}] \text{ dB(A)} = 56,7437 \text{ dB(A)}$$

$$L_w = L_{p1} + 8 \text{ dB} + 20 \cdot \lg r_1 = (56,7437 + 8 + 20 \cdot \lg 8) \text{ dB(A)} = 82,8055 \text{ dB(A)}$$

$$L_{p2} = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r_2 = (82,8055 - 8 - 20 \cdot \lg (8 \cdot \sqrt{27})) \text{ dB(A)}$$

$$= 53,733 \text{ dB(A)}$$

$$\underline{\underline{L_{p_{ges}}} = 10 \cdot \lg [10^{5,373} + 10^{5,2}] \text{ dB(A)} = 55,963 \text{ dB(A)} \approx 56,0 \text{ dB(A)}}$$

$$zu 8) L_{eq} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{T_m} \sum 10^{0,1 L_i} T_i \right] = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{3600} [20 \cdot 10^{5,2} \cdot 45 + 20 \cdot 10^6 \cdot 60] \right] \text{ dB(A)}$$

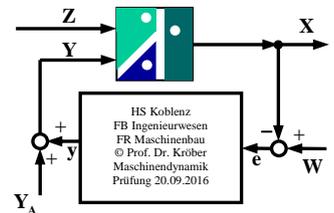
$$= 57,567 \text{ dB(A)} \approx 57,6 \text{ dB(A)}$$

$$zu 9) \underline{\underline{315 \text{ Hz} \text{ oder } 16000 \text{ Hz}}}$$

$$zu 10) T = 0,163 \cdot \frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{0,163 \cdot V}{T} = \frac{0,163 \cdot 5000}{1,1} \text{ m}^2 = 740,91 \text{ m}^2$$

$$A_{neu} = 740,91 \text{ m}^2 + 100 \cdot 0,6 \text{ m}^2 = 800,91 \text{ m}^2$$

$$\underline{\underline{T_{neu} = 0,163 \cdot \frac{5000}{800,91} \text{ s} = 1,0185 \text{ s} \quad *)}}$$



$$\text{Unterricht } T = (0,32 \cdot \lg 5000 - 0,17) \text{ s} = 1,0145 \text{ s} \quad *)$$

$$\text{Sprache } T = (0,37 \cdot \lg 5000 - 0,14) \text{ s} = 1,2295 \text{ s}$$

\*) für Unterricht (erstaunlich) gut ausgelegt