

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

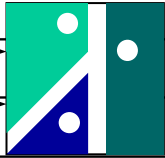
- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : _____

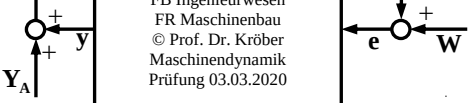
Erlaubte Hilfsmittel:

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Maschinendynamik/-akustik" (12 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 03.03.2020



Aufgabe 1 (8P)

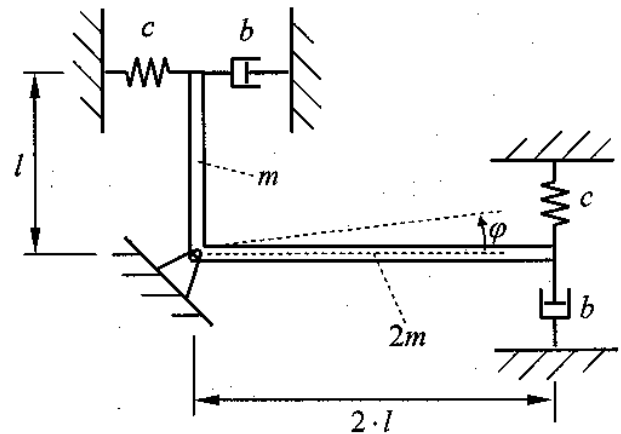
Eine Schwingung wird mathematisch beschrieben durch:

$$y = y(t) = 4 \cdot \sin(\omega t) + B \cdot \cos(\omega t) = 5 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

- a. Bestimmen Sie zunächst B sowie φ_0 . Bitte beachten Sie, dass der Wert für B negativ ist (bzw. sein soll)!
- b. Nach welcher Zeit ($t > 0$) liegt erstmals eine Nullstelle (positive Steigung) vor? Hierbei sei $\omega = 0,5 \text{ s}^{-1}$.

Aufgabe 2 (15P)

Das Schwingungssystem besteht aus einem horizontalen und einem vertikalen Stab, die fest miteinander verbunden sind. Das System führt Drehschwingungen um den Lagerpunkt aus (kleine Auslenkungen).



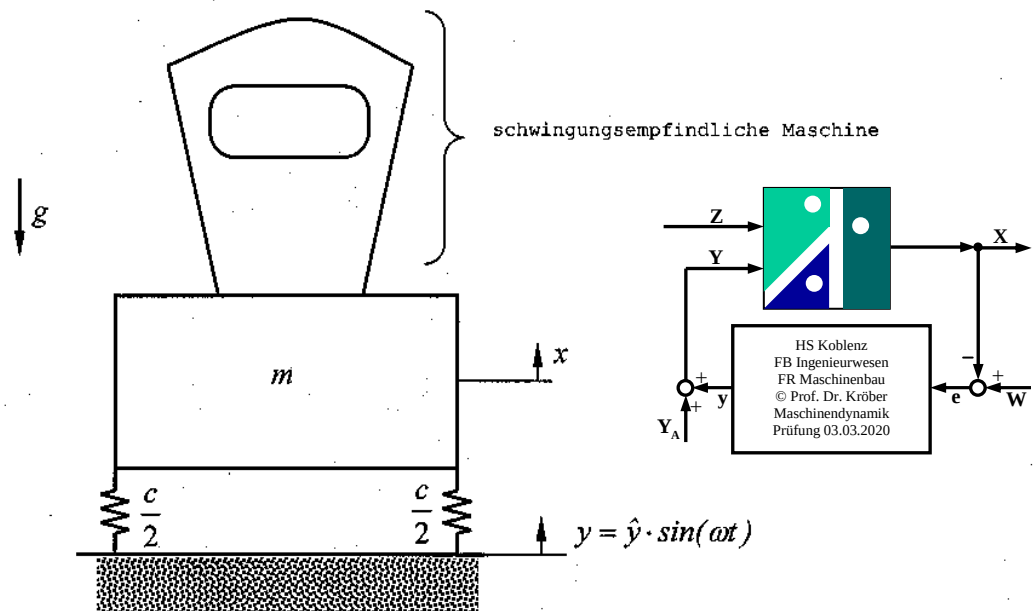
Aus dem Drallsatz erhält man:

$$\left[\frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2 + \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot m \cdot (2 \cdot l)^2 \right] \cdot \ddot{\varphi} = -[b \cdot l^2 + b \cdot (2 \cdot l)^2] \cdot \dot{\varphi} - [c \cdot l^2 + c \cdot (2 \cdot l)^2] \cdot \varphi$$

Gegeben sind die Größen m , c , b , l . Bestimmen Sie in Abhängigkeit der gegebenen Größen die Eigenkreisfrequenz ω_0 , die Abklingkonstante δ und den Dämpfungsgrad ϑ !

Aufgabe 3 (17P)

Eine schwingungsempfindliche Maschine wird auf einer größeren Masse m platziert, um es durch ein Federsystem vom schwingenden Untergrund abzukoppeln. Um eine hinreichende Abkopplung zu gewährleisten, soll der Wert von V_2 auf 0,01 gesetzt werden.



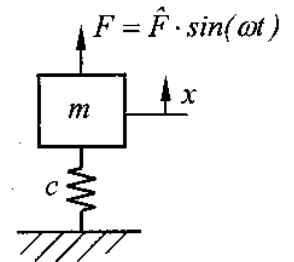
Zahlenwerte: $m = 500 \text{ kg}$ (incl. Masse der schwingungsempfindlichen Maschine)
 $\omega = 80 \text{ s}^{-1}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Bestimmen Sie die Größen η , ω_0 , c und f_{stat} !

Aufgabe 4 (17P)

An der Masse m greift eine sinusförmige Kraft an. Die sich einstellende Schwingamplitude sei $\hat{x}$. Wie groß muss die Federsteifigkeit c sein? Die Erdbeschleunigung kann außer acht gelassen werden.

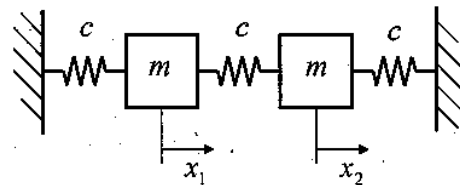
Hinweis: Es gibt 2 Lösungen.



Gegebene Zahlenwerte: $m = 12 \text{ kg}$; $\hat{x} = 0,01 \text{ m}$; $\omega = 50 \text{ s}^{-1}$; $\hat{F} = 100 \text{ N}$

Aufgabe 5 (8P)

Das abgebildete System hat zwei Schwingfreiheitsgrade. Untersucht man das Eigenschwingverhalten, kommt man nach einigen Rechenschritten zu folgender Gleichung:

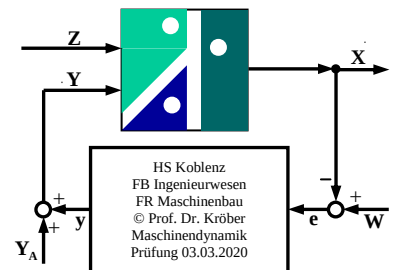


$$\omega^4 - \frac{4 \cdot c}{m} \cdot \omega^2 + \frac{3 \cdot c^2}{m^2} = 0$$

Hilfestellung: $x^2 + p \cdot x + q = 0 \rightarrow x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$

Bestimmen Sie die beiden Eigenkreisfrequenzen!

Antwortbeispiele: $\omega_{0,1} = \sqrt{7 \cdot \frac{c}{m}}$ $\omega_{0,2} = \sqrt{5 \cdot \frac{c}{m}}$



Aufgabe 6 (7P)

Das Ergebnis einer Messung liefert folgenden unbewerteten Schalldruckpegel (Terzpegel):

f [Hz]	400	500	630	800
L [dB]	58	60	61	60

Bestimmen Sie den unbewerteten Gesamtpegel und den A-bewerteten Gesamtpegel!

Aufgabe 7 (8P)

Ein Schiff liegt in der Nacht an einem Ufersteg. Zur Stromversorgung wird ein Aggregat betrieben. Es hat einen Schallleistungspegel von $L_w = 95 \text{ dB(A)}$. Der nächstliegende Wohnraum befindet sich in einer Entfernung von 76 m von der Schallquelle.
Hinweis/Annahme: Es gelten die Freifeldbedingungen auf einer schallharten Unterlage.

- Wie groß ist der Schalldruckpegel im Bereich des Wohnraumes?
- Die Angabe des Schallleistungspegels wird in Frage gestellt und in Fragestellung b. nicht verwendet. Alternativ wird in einem Abstand von 26 m zum Schiff ein Schalldruckpegel von 56,5 dB(A) gemessen. Daraus kann man den Schalldruckpegel in 76 m von der Schallquelle ebenfalls bestimmen. Wie groß ist dieser Schalldruckpegel?
- In einem allgemeinen Wohngebiet ist nachts ein Pegel von 40 dB(A) zulässig, in einem Mischgebiet sind es 45 dB(A). Ist der Betrieb des Schiffes dort zulässig?

Aufgabe 8 (7P)

An einem Messpunkt liegt ein Umgebungspegel von 45 dB(A) vor. Dann wird zusätzlich eine Maschine aufgestellt. Es wird ein Gesamtpegel von 51 dB(A) gemessen.

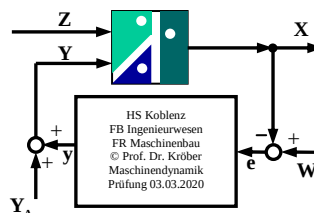
- Welchen Schalldruckpegel erzeugt die Maschine allein?
- Wie groß ist der gemessene Gesamtpegel, wenn der Umgebungspegel 48 dB(A) (anstatt 45 dB(A)) beträgt?

Aufgabe 9 (6P)

In einem Raum befinden sich zwei gleiche Maschinen. Jede Maschine hat $L_w = 70 \text{ dB(A)}$. Der Raum ist 200 m³ groß, die Nachhallzeit beträgt $T = 0,6 \text{ s}$. Wie groß ist der Schalldruckpegel im diffusen Schallfeld?

Aufgabe 10 (7P)

An einem Immissionspunkt beträgt der Schalldruckpegel 5 Minuten 70 dB(A) und 15 Minuten 65 dB(A). Wie lange muss "Ruhe" sein, damit der energieäquivalente Dauerschallpegel 60 dB(A) beträgt?



Prüfung Maschinendynamik 03.03.2020

$$m1) A^2 + B^2 = y^2 \Rightarrow B = \sqrt{y^2 - A^2} = \sqrt{5^2 - 4^2} = 3 \Rightarrow B = -3$$

$$\tan \varphi_0 = \frac{B}{A} = \frac{-3}{4} \Rightarrow \varphi_0 = -36,87^\circ$$

$$\varphi = \omega t + \varphi_0 = 0 \Rightarrow t = -\frac{\varphi}{\omega} = -\frac{36,87^\circ \cdot \pi / 180^\circ}{0,55 \text{ s}^{-1}} = +1,2875$$

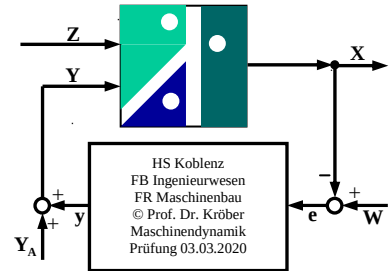
$$m2) \left(\frac{9}{3} \text{ m} \right) \ddot{\varphi} = -5b \dot{\varphi} - 5c \varphi$$

$$3 \text{ m} \ddot{\varphi} + 5b \dot{\varphi} + 5c \varphi = 0 \quad | \cdot \frac{1}{3 \text{ m}}$$

$$\ddot{\varphi} + \underbrace{\frac{5b}{3 \text{ m}}}_{\omega_0} \dot{\varphi} + \underbrace{\frac{5c}{3 \text{ m}}}_{\omega_0^2} \varphi = 0$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{5c}{3 \text{ m}}} \quad f = \frac{5 \cdot b}{6 \cdot \text{m}}$$

$$\eta = \frac{f}{\omega_0} = \frac{\frac{5b}{6 \text{ m}}}{\sqrt{\frac{5c}{3 \text{ m}}}} = \frac{5 \cdot b}{6 \sqrt{5}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{cm}} = b \cdot \sqrt{\frac{5}{12 \text{ cm}}}$$



$$m3) V_2 = \frac{1}{z^2 - 1} \Rightarrow z^2 - 1 = \frac{1}{V_2} \Rightarrow z = \sqrt{1 + \frac{1}{V_2}} = \sqrt{1 + \frac{1}{9,01}} = 10,05$$

$$z = \frac{\omega}{\omega_0} \Rightarrow \omega_0 = \frac{\omega}{z} = \frac{80}{10,05} \text{ s}^{-1} = 7,9603 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_0^2 = \frac{c}{m} \Rightarrow c = m \cdot \omega_0^2 = 500 \cdot 7,9603^2 \text{ N/m} = 31683 \text{ N/m}$$

$$c = \frac{m \cdot g}{f_{\text{stat}}} \Rightarrow f_{\text{stat}} = \frac{m \cdot g}{c} = \frac{500 \cdot 9,81}{31683} \text{ m} = 0,1548 \text{ m}$$

$$m4) V_1 = \frac{1}{f_{\text{stat}}} = \frac{1}{\frac{1}{f} c} = \frac{1}{1 - z^2} = \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2 m}{c}}$$

$$\frac{1 \cdot f}{f} = \frac{f}{c - m \omega^2} \Rightarrow c - m \omega^2 = \frac{f}{1} \quad (\text{Bem. auch aus Formelsummlung } (b=0))$$

$$c = m \omega^2 + \frac{f}{x} = (12 \cdot 50^2 + \frac{100}{0,01}) \text{ N/m} = 40000 \text{ N/m}$$

Prüfung Maschinendynamik 03.03.2020

Fortsetzung 4) überkritisch $\rightarrow$ Gegenphase $\rightarrow$ a) setze $\hat{x}$ durch $-\hat{x}$

$$c = m\omega^2 - \frac{F}{\hat{x}} = (12 \cdot 50^2 - \frac{100}{0,01}) \text{ N/m} = 20000 \text{ N/m}$$

$$m5) \quad x^2 - \frac{4c}{m}x + \frac{3c^2}{m^2} = 0$$

$$x_{1/2} = + \frac{2c}{m} \pm \sqrt{\left(\frac{2c}{m}\right)^2 - \frac{3c^2}{m^2}} = \frac{2c}{m} \pm \frac{c}{m}$$

$$\omega_{n1} = \sqrt{\frac{2c}{m} + \frac{c}{m}} = \sqrt{3\frac{c}{m}} \quad \omega_{n2} = \sqrt{\frac{2c}{m} - \frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$m6) \text{ unbewertet: } L_p = 10 \cdot \lg[10^{5,8} + 10^6 + 10^{6,1} + 10^6] \text{ dB} = 65,899 \text{ dB}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \\ -4,8 & -3,2 & -1,9 & 0,8 & & & \\ 53,2 & 56,8 & 59,1 & 59,2 & & & \end{array} \approx 65,9 \text{ dB}$$

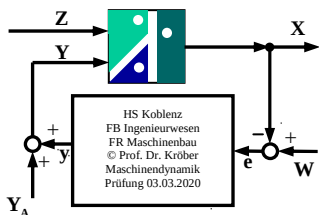
$$A\text{-bewertet: } L_p = 10 \cdot \lg[10^{5,22} + 10^{5,68} + 10^{5,91} + 10^{5,92}] \text{ dB(A)}$$

$$= 63,678 \text{ dB(A)} \approx 63,7 \text{ dB(A)}$$

$$m7) \quad L_p = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r = (95 - 8 - 20 \cdot \lg 76) \text{ dB(A)}$$

$$= 49,384 \text{ dB(A)} \approx 49,4 \text{ dB(A)}$$

$$b) \quad L_{p1} + 8 \text{ dB} + 20 \cdot \lg r_1 = L_{p2} + 8 \text{ dB} + 20 \cdot \lg r_2$$



$$L_{p2} = L_{p1} + 20 \cdot \lg r_1 - 20 \cdot \lg r_2 = L_{p1} + 20 \cdot \lg \frac{r_1}{r_2}$$

$$= (56,5 + 20 \cdot \lg \frac{26}{76}) \text{ dB(A)} = 47,183 \text{ dB(A)}$$

$$\approx 47,2 \text{ dB(A)}$$

c) in keinem Falle zulässig

Prüfung Maschinendynamik 03.03.2020

zu 8) $10^{91L_{gs}} = 10^{91L_1} + 10^{91L_2}$

$$L_2 = 10 \cdot \lg(10^{91L_{gs}} - 10^{91L_1}) = 10 \cdot \lg(10^{51} - 10^{41}) \text{ dB(A)}$$

$$= 49,474 \text{ dB(A)} \approx 49,5 \text{ dB(A)}$$

$$L_{gs} = 10 \cdot \lg(10^{4,8} + 10^{4,9474}) \text{ dB(A)} = 51,969 \text{ dB(A)}$$

$$\approx 52,0 \text{ dB(A)}$$

zu 9) $T = 0,163 \cdot \frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{0,163 \cdot V}{T}$

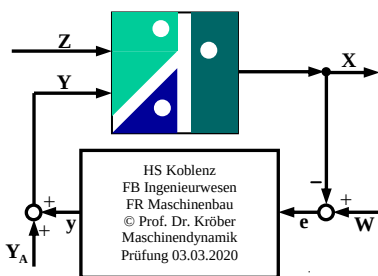
$$= \frac{0,163 \cdot 200}{0,6} \text{ m}^2 = 54,3 \dots \text{ m}^2$$

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

$$= \left[\underset{\substack{\uparrow \\ 25 \text{ Hz}}}{(70+3)} + 6 - 10 \cdot \lg 54,3 \right] \text{ dB(A)} = 61,649 \text{ dB(A)}$$

$$\approx 61,6 \text{ dB(A)}$$

zu 10) $10^{91L_{gs}} \cdot T_{gs} = 10^{91L_1} \cdot T_1 + 10^{91L_2} \cdot T_2 + 0$



$$T_{gs} = \frac{10^{91L_1} \cdot T_1 + 10^{91L_2} \cdot T_2}{10^{91L_{gs}}}$$

$$= \frac{10^{7,5} + 10^{6,15} \cdot 15}{10^6} \text{ min}$$

$$= 97,434 \text{ min}$$

$$T_{Ruhe} = T_{gs} - T_1 - T_2 = (97,434 - 5 - 15) \text{ min}$$

$$= 77,434 \text{ min}$$