

Maschinendynamik SS 2020
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der
 gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

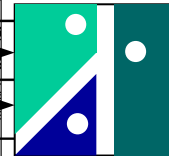
- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : _____

Erlaubte Hilfsmittel:

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Maschinendynamik/-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 11.09.2020

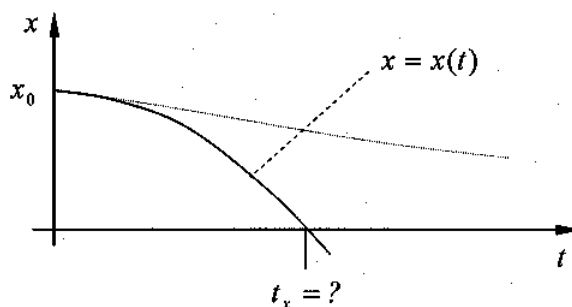
Aufgabe 1 (13P)

Eine gedämpfte Schwingung, die mit einer Anfangsauslenkung, aber ohne eine Anfangsgeschwindigkeit gestartet wird, lässt sich mathematisch beschreiben durch:

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

Hilfestellung:

$$\tan(x) = \frac{\sin(x)}{\cos(x)}$$

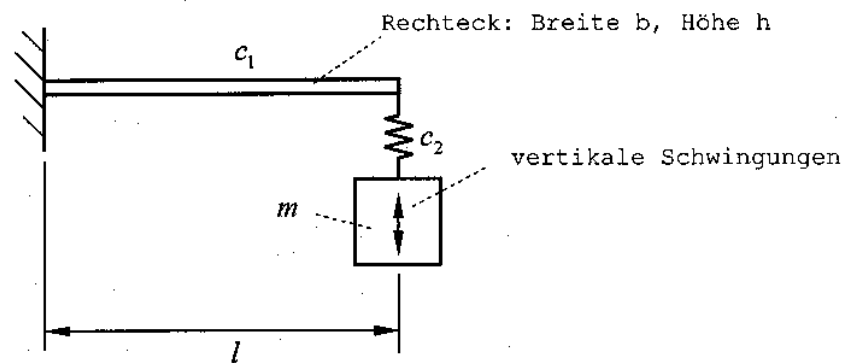


Gegebene Zahlenwerte: $\omega_d = 0,2 \text{ s}^{-1}$; $\delta = 0,05 \text{ s}^{-1}$; $x_0 = 4 \text{ mm}$

Zum Zeitpunkt t_x wird die Auslenkung zum ersten Mal gleich Null.
 Bestimmen Sie t_x !

Aufgabe 2 (14P)

Die Masse m führt vertikale Schwingungen aus. Der oben liegende Träger mit der Federsteifigkeit c_1 kann als masselos angesehen werden.



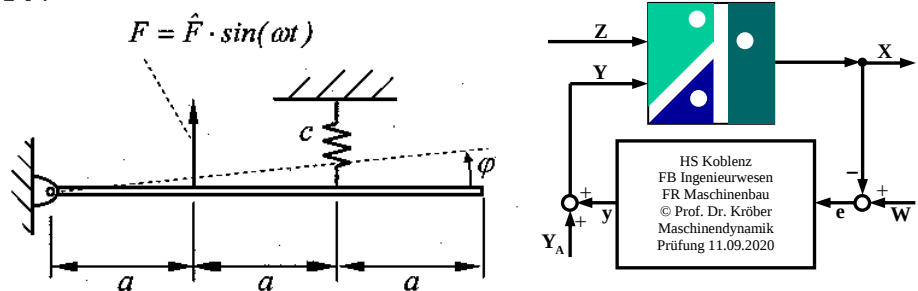
Geg.:

$$m = 8 \text{ kg}; f_0 = 10 \text{ Hz}; c_2 = 50000 \text{ N/m}; E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2; I = 1,09 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

Wie groß muss die Trägerlänge l sein?

Aufgabe 3 (14P)

Der starre Stab mit der Masse m wird durch eine sinusförmige Kraft in Schwingungen versetzt.



Differentialgleichung:

$$\frac{1}{3} \cdot m \cdot (3 \cdot a)^2 \ddot{\varphi} = -c \cdot (2 \cdot a)^2 \cdot \varphi + F \cdot a$$

Frequenzgang:

$$\frac{\hat{\varphi}}{\hat{F}} = \frac{a}{4 \cdot c \cdot a^2 - 3 \cdot m \cdot a^2 \cdot \omega^2}$$

a. Weisen Sie nach, wie man mit dem Ansatz $\varphi = \hat{\varphi} \cdot \sin(\omega t)$ von der Differentialgleichung zu dem nebenstehenden Frequenzgang gelangt!

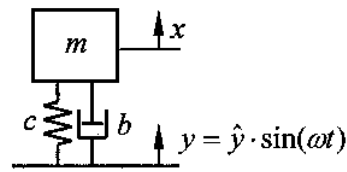
b. Wie groß ist das Verhältnis $\frac{\hat{\varphi}}{\hat{F}}$ [in rad/N] bei folgenden gegebenen Zahlenwerten?

$$\text{Geg.: } a = 0,25 \text{ m}; c = 5000 \text{ N/m}; \omega = 20 \text{ s}^{-1}; m = 10 \text{ kg}$$

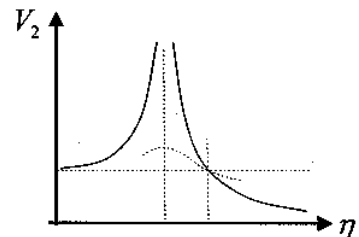
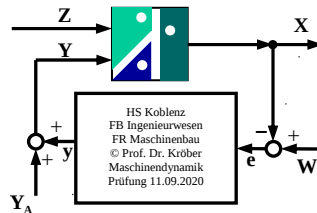
$$\text{Hinweis: Es ist auch } \frac{\hat{\varphi}}{\hat{F}} = \frac{a}{4 \cdot c \cdot a^2 - 3 \cdot m \cdot a^2 \cdot \omega^2} = \frac{1}{a \cdot (4 \cdot c - 3 \cdot m \cdot \omega^2)}$$

Aufgabe 4 (12P)

Bei der abgebildeten Fußpunkterregung ist $\eta = \sqrt{2}$. Bestimmen Sie den Absolutweg $\hat{x}$ und den Relativweg $\hat{x}_{rel}$ (wobei $x_{rel} = x - y$).



Gegeben sind: $\hat{y} = 3 \text{ mm}$; $\eta = 0,2$

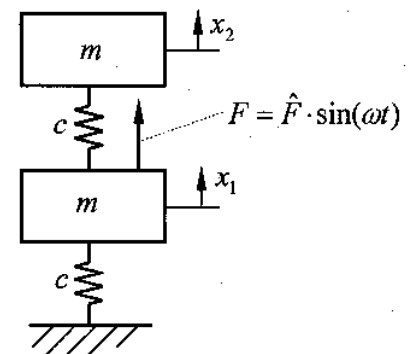


Aufgabe 5 (12P)

Für das abgebildete Zweimassenschwingungssystem sind die gegebenen Größen bekannt. Bestimmen Sie $\hat{x}_1$!

Geg.: $m = 5 \text{ kg}$; $c = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}$; $\omega = 200 \text{ s}^{-1}$
 $\hat{x}_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

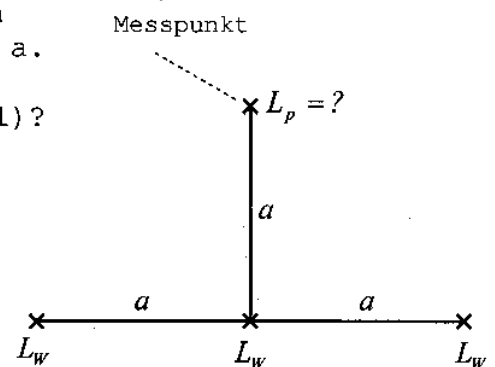
Tipp: Man kann zunächst $\hat{F}$ bestimmen und dann $\hat{x}_1$. Man kann jedoch durch einen Trick die Berechnung von $\hat{F}$ umgehen.



Aufgabe 6 (7P)

Drei gleiche Schallquellen (L_W) befinden sich auf einer geraden gedachten Linie im Abstand a. Wie groß ist der Schalldruckpegel L_p an dem Messpunkt (relevanter Winkel = rechter Winkel)? Hinweis/Annahme: Es gelten die Freifeldbedingungen auf einer schallharten Unterlage.

Zahlenwerte: $L_W = 95 \text{ dB}$; $a = 30 \text{ m}$



Aufgabe 7 (6P)

In einem idealen Rohr (Querschnittsfläche $0,1 \text{ m}^2$) pflanzt sich eine Schallwelle von links nach rechts fort. Die Frequenzanalyse hat ergeben, dass es sich um einen reinen Ton mit 250 Hz handelt. Die gesamte durch das Rohr transferierte Schallleistung beträgt 10^{-4} Watt .

Bestimmen Sie die Intensität in W/m^2 , den unbewerteten Schalldruckpegel und den A-bewerteten Schalldruckpegel!

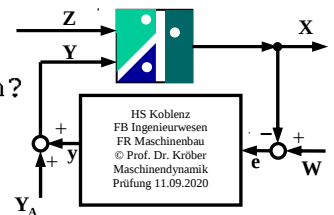
Aufgabe 8 (6P)

Der Umgebungspegel beträgt konstant 50 dB(A). In einem Beobachtungszeitraum von 8 Stunden läuft zusätzlich eine laute Maschine für einen Zeitraum von 2 Stunden. Der energieäquivalente Dauerschallpegel für den 8-Stundenzeitraum beträgt 70 dB(A). Bestimmen Sie den Schalldruckpegel der "lauten Maschine"!

Aufgabe 9 (7P)

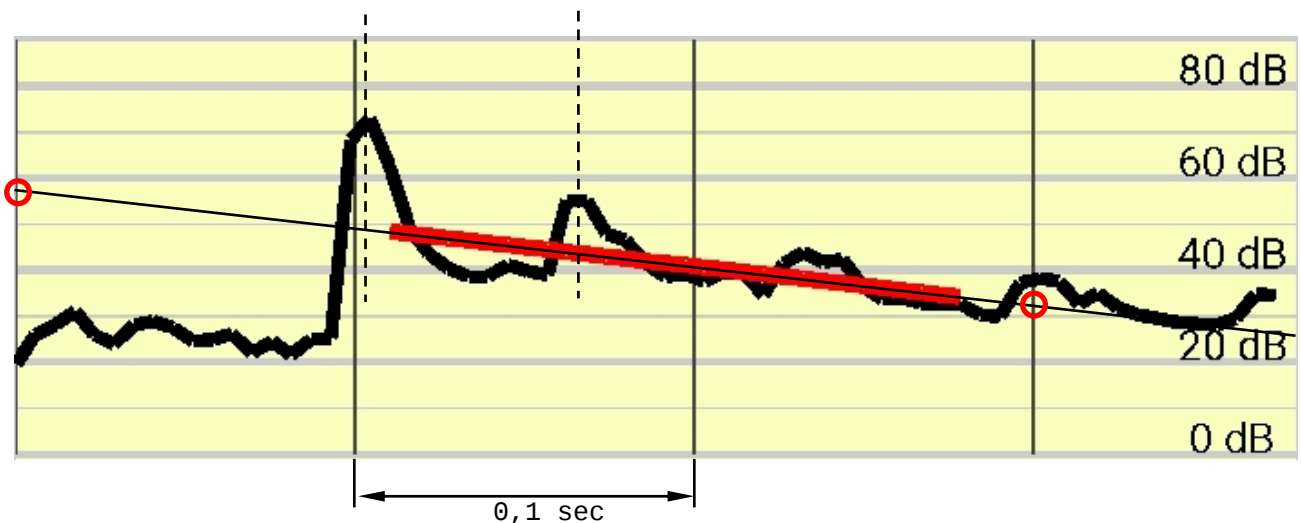
In einem Raum mit den Maßen 7m x 6m x 3m (Breite x Länge x Höhe) wird eine Maschine mit $L_W = 75$ dB(A) betrieben. Der Schalldruckpegel im diffusen Schallfeld soll 68 dB(A) betragen.

Wie groß müssen Absorptionsfläche und Nachhallzeit sein?



Aufgabe 10 (9P)

Zwischen 2 bereits vorhandenen Häusern ist eine Baulücke vorhanden. Wird vor einer Wand einmal geklatscht, dann läuft die Schallwelle mehrfach hin und her. Mit einer/der Nachhall-APP ist das Klatschereignis im Pegelverlauf mehrfach zu sehen.



- Werten Sie die beiden gestrichelten Zeitmarken aus. Wie groß ist der Abstand zwischen den vorhandenen Häusern bzw. wie breit ist die Baulücke (geg.: $c = 340$ m/s)?
- In der Baulücke empfindet man eine gewisse Halligkeit. Die rote Linie (links und rechts in schwarzer Farbe verlängert) beschreibt die Pegelabnahme über der Zeit. Bestimmen Sie die Nachhallzeit! Verwenden Sie zur Auswertung die Punkte, die durch rote Kreise gekennzeichnet sind.

Prüfung Maschinendynamik 11.09.2020

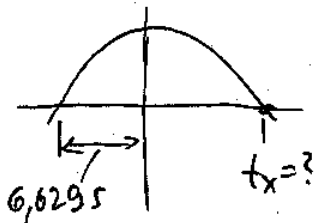
$$m1) \quad x = x_0 e^{-\delta t} \left[\underbrace{\frac{\delta}{\omega_d} \sin(\omega_d t) + \cos(\omega_d t)}_{=0} \right]$$

$$-\frac{\delta}{\omega_d} \sin(\omega_d t) = \cos(\omega_d t)$$

$$\tan(\omega_d t) = \frac{\sin(\omega_d t)}{\cos(\omega_d t)} = -\frac{\omega_d}{\delta} = -\frac{0,2}{0,05} = -4$$

$$t = \frac{1}{\omega_d} \arctan(-4) \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = -6,629 \text{ s}$$

$\nearrow 92,5^\circ$ $\nwarrow$



halbe Periodendauer addieren:

$$t_x = -t + \frac{T_d}{2} = -t + \frac{1}{2} \frac{2\pi}{\omega_d} = -t + \frac{\pi}{\omega_d}$$

$$= -6,629 \text{ s} + \frac{\pi}{0,2} \text{ s} = \underline{\underline{9,079 \text{ s}}}$$

$$m2) \quad \omega_0^2 = \frac{c}{m} \Rightarrow c = c_{ges} = m \cdot \omega_0^2 = m (2\pi f_0)^2 = 8 (2\pi \cdot 10)^2 \text{ N/m}$$

$$= 31583 \text{ N/m}$$

$$\frac{1}{c_{ges}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \Rightarrow \frac{1}{c_1} = \frac{1}{c_{ges}} - \frac{1}{c_2} \Rightarrow c_1 = \frac{1}{\frac{1}{c_{ges}} - \frac{1}{c_2}}$$

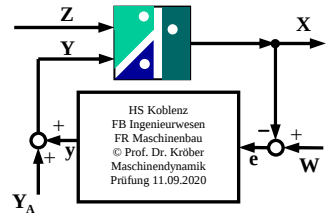
$$c_1 = \frac{1}{\frac{1}{31583} - \frac{1}{50000}} \text{ N/m} = 85742 \text{ N/m}$$

$$c_1 = \frac{3EJ}{l^3} \Rightarrow l = \sqrt[3]{\frac{3EJ}{c_1}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 21 \cdot 10^{11} \cdot 1,09 \cdot 10^{-6}}{85742}} \text{ m}$$

$$\underline{\underline{l = 2,00074 \text{ m} \approx 2,00 \text{ m}}}$$

Zusatz: Durch Einsetzen zu ermitteln

$$l = \sqrt[3]{\frac{3EJ(c_2 - m(2\pi f_0)^2)}{c_2 m(2\pi f_0)^2}}$$



Prüfung Maschinendynamik 11.09.2020

$$m3) \quad \frac{1}{3} m (3a)^2 \ddot{\varphi} = -c (2a)^2 \varphi + F a \quad \varphi = \hat{\varphi} \cdot \sin \omega t$$

$$\ddot{\varphi} = -\hat{\varphi} \omega^2 \sin \omega t$$

$$F = \hat{F} \sin \omega t$$

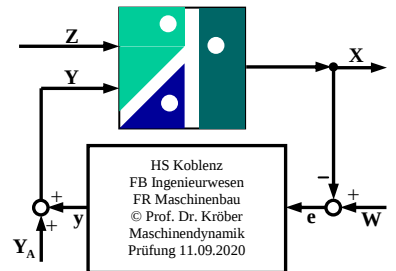
eingesetzt:

$$\frac{1}{3} m 9a^2 (-1) \hat{\varphi} \omega^2 \sin \omega t = -c 4a^2 \hat{\varphi} \sin \omega t + \hat{F} a \sin \omega t \quad (\sin \omega t \neq 0)$$

$$-3ma \hat{\varphi} \omega^2 + 4ca \hat{\varphi} = \hat{F}$$

$$\hat{\varphi} (4ca - 3m\omega^2) = \hat{F}$$

$$\frac{\hat{\varphi}}{\hat{F}} = \frac{1}{a(4c - 3m\omega^2)}$$



$$\frac{\hat{\varphi}}{\hat{F}} = \frac{1}{0,25(4 \cdot 5000 - 3 \cdot 10 \cdot 20^2)} \frac{\text{rad}}{\text{N}} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{rad}}{\text{N}}$$

$$m4) \quad \hat{x} = V_2 \cdot \hat{y} = \frac{\sqrt{1 + (2\lambda y)^2}}{\sqrt{(1 - y^2)^2 + (2\lambda y)^2}} \cdot \hat{y}$$

$$\hat{x} = \frac{\sqrt{1 + (2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2})^2}}{\underbrace{\sqrt{(1 - \sqrt{2}^2)^2 + (2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2})^2}}_{=1}} \cdot 3 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

$$\hat{x}_{\text{rel}} = V_3 \cdot \hat{y} = \frac{z^2}{\sqrt{(1 - y^2)^2 + (2\lambda y)^2}} \cdot \hat{y}$$

$$= \frac{\sqrt{2}^2}{\sqrt{(1 - \sqrt{2}^2)^2 + (2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2})^2}} \cdot 3 \text{ mm} = 5,222 \text{ mm}$$

Prüfung Maschinendynamik 11.09.2020

$$2v5) \quad \left. \begin{aligned} \frac{\dot{x}_1}{c_2 - m_2 \omega^2} &= \frac{\dot{f}}{0} = \frac{\dot{x}_1}{c - m \omega^2} \\ \frac{\dot{x}_2}{c_2} &= \frac{\dot{f}}{0} = \frac{\dot{x}_2}{c} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{\dot{x}_1}{c - m \omega^2} &= \frac{\dot{x}_2}{c} \\ \dot{x}_1 &= \frac{c - m \omega^2}{c} \cdot \dot{x}_2 \end{aligned}$$

$$= \frac{4 \cdot 10^5 - 5200^2}{4 \cdot 10^5} \cdot 2 \text{ mm}$$

Bemerkung: Falls $\dot{f}$ bestimmt $\dot{x}_1 = 1 \text{ mm/s}$
 $\Rightarrow \dot{f} = -200 \text{ N (Gegenphase)}$

m6) Abstand a : $L_{p1} = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r$
 $= (95 - 8 - 20 \cdot \lg 30) \text{ dB} = 57,4575 \text{ dB}$

Abstand $1/2 a$: $L_{p2} = (95 - 8 - 20 \cdot \lg (1/2 \cdot 30)) \text{ dB} = 54,4473 \text{ dB}$

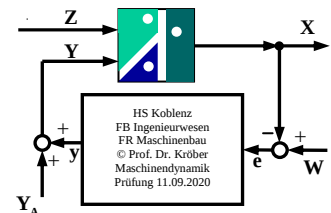
$L_p = 10 \cdot \lg [10^{5,74575} + 2 \cdot 10^{5,4473}] \text{ dB} = 60,4679 \text{ dB} \approx 60,5 \text{ dB}$

m7) $J = \frac{P}{S} = \frac{10^{-4} \text{ W}}{0,1 \text{ m}^2} = 10^{-3} \text{ W/m}^2$

$L_p = L_J = 10 \cdot \lg \frac{J}{J_0} = 10 \cdot \lg \frac{10^{-3}}{10^{-12}} \text{ dB} = 90 \text{ dB}$

A-Bewertung:

$L_p = (90 - 8,6) \text{ dB (A)} = 81,4 \text{ dB (A)}$



Prüfung Maschinendynamik 11.09.2020

248) $10^{91 L_1} \cdot \overline{I_{ges}} = 10^{91 L_1} \overline{I_{ges}} + 10^{91 L_2} \overline{I_2}$

$$10^{9.162} \bar{T}_2 = 10^{9.168} \bar{T}_1 - 10^{9.161} \bar{T}_1$$

$$10^{9162} = \frac{T_{92}}{12} (10^{9168} - 10^{9161})$$

$$L_2 = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{2} (10^{914} - 10^{911}) \right)$$

$$= 10 \cdot \lg \left(\frac{8\mu}{2\mu} (10^7 - 10^5) \right) \text{dB (A)} = 75,977 \text{dB (A)} \approx \underline{\underline{76,0 \text{dB (A)}}}$$

u9) $L_p = L_w + 6 \text{ dB} - 10 \cdot \lg(A)$

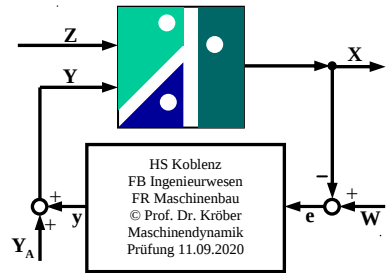
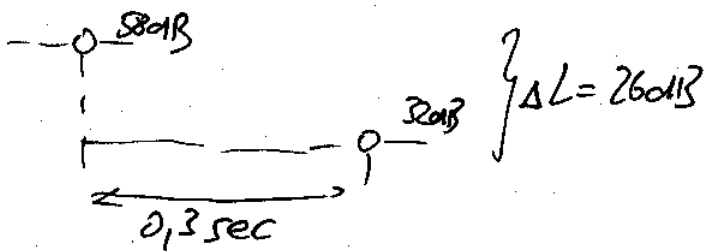
$$A = 10 \frac{6w + 6018 - 6p}{10} = 10 \frac{75 + 6 - 68}{10} \quad m^2 = 19.95 m^2$$

$$T = 0,163 \frac{V}{A} = 0,163 \frac{7.6,3}{19,953} s = \underline{\underline{1,029 s}}$$

2110)  $0,15 \text{ sec} \approx 45 \text{ min}$ } $t = \frac{28,5}{45} \cdot 0,15 = 0,33... \text{ ms}$

$$c = \frac{2l}{t} \Rightarrow l = \frac{c \cdot t}{2} = \frac{340,90633}{2} \text{ m} = 10,77 \text{ m}$$

Hin + Rücklauf



Dreirate: $\frac{0,3 \text{ sec}}{T} = \frac{26 \text{ dB}}{60 \text{ dB}} \Rightarrow \underline{\underline{T = 0,3 \text{ sec} \cdot \frac{26}{60} \approx 0,13 \text{ s}}}$