

Maschinendynamik SS 11  
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

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

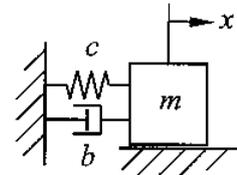
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
Summe	

Erlaubte Hilfsmittel:

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

Aufgabe 1 ( 13P )

Ein Schwingungssystem mit einem Freiheitsgrad wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  mit  $x_0 = 2 \text{ mm}$  ausgelenkt. Dabei beträgt die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 2 \text{ mm/s}$ .  
 Ferner sind gegeben:  $\omega_0 = 2 \text{ s}^{-1}$ ;  $\delta = 0,1 \text{ s}^{-1}$



Nach welcher Zeit sind die Maximalauslenkungen mit Sicherheit kleiner als 0,2 mm?

Hinweis zur Lösung:

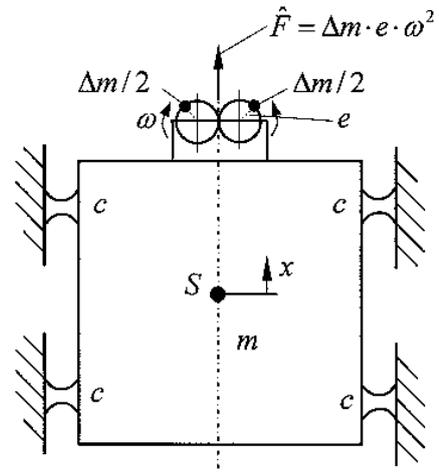
$$x = x(t) = e^{-\delta t} \cdot \left[ \frac{v_0 + \delta \cdot x_0}{\omega_d} \cdot \sin(\omega_d t) + x_0 \cos(\omega_d t) \right] = e^{-\delta t} \cdot C \cdot \sin(\omega_d t + \varphi_0)$$

Aufgabe 2 ( 16P )

Auf einer Maschinenmasse  $m$  ist ein gerichteter Unwuchterreger befestigt. Als Federelemente sind 4 Gummifederelemente (jeweils  $c = 10^6$  N/m) vorgesehen. Mögliche Dämpfungseinflüsse werden vernachlässigt.

Ferner sei gegeben:

$m = 40$  kg;  $\Delta m \cdot e = 0,2$  kg·m;  
 $n = 1450$  1/min

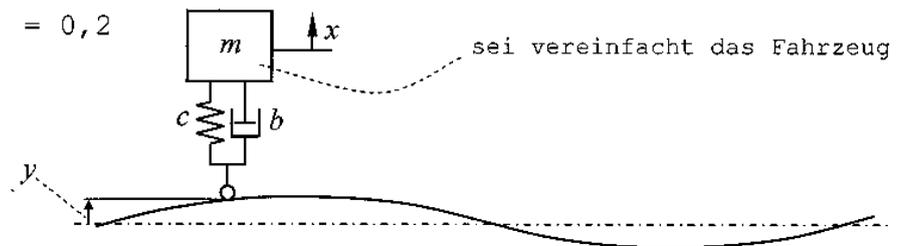


- Bestimmen Sie die sich einstellende Schwingungsamplitude  $\hat{x}$ !
- Wie groß ist die dynamische Kraftwirkung (dynamischer Anteil der Kraftwirkung durch die 4 Gummifederelemente, Gesamtkraft) auf die Umgebung?

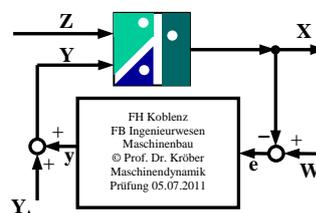
Aufgabe 3 ( 16P )

Im Folgenden soll die Schwingungsisolierung eines Fahrzeuges untersucht werden, dass mit einer Fahrgeschwindigkeit von  $v = 36$  km/h über sinusförmige Bodenwellen fährt. Die Schwingamplitude des Fahrzeuges beträgt  $\hat{x} = 1$  cm. Die Eigenfrequenz des ungedämpften Systems beträgt  $f_0 = 2$  Hz.

Geg.:  $\eta = 2,5$ ;  $\vartheta = 0,2$

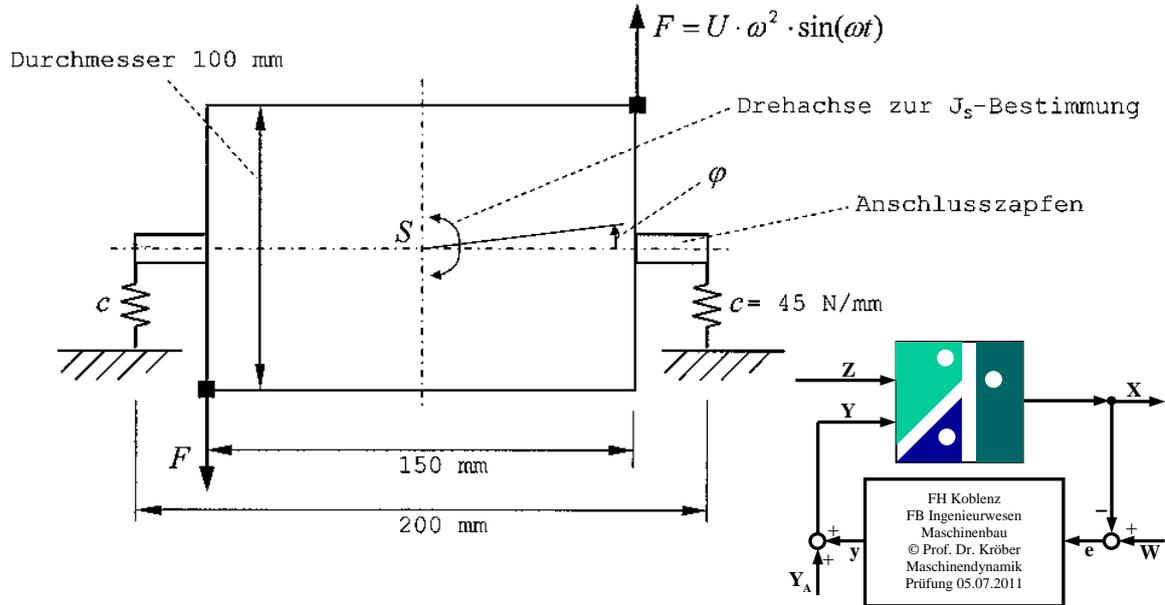


- Bestimmen Sie die Amplitude  $\hat{y}$  der Bodenwellen!
- Wie groß ist der Abstand von Bodenwelle zu Bodenwelle (Wellenlänge  $\lambda = ?$ )? Hinweis zur Lösung b:  $v = \frac{Weg}{Zeit} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$
- Mit welcher Periodendauer  $T_d = 1/f_d$  schwingt das Fahrzeug aus, wenn es nach einer einmaligen Auslenkung wieder zurück in die statische Ruhelage zurück kehrt?



Aufgabe 4 ( 11P )

Auf einer Welle sind zwei Unwuchten (jeweils  $U = 0,001 \text{ kg}\cdot\text{m}$ ) angeordnet. Wird die Welle in eine Drehung um die Längsachse versetzt ( $n = 2950 \text{ 1/min}$ ), so stellt sich eine Auslenkung um den Winkel  $\varphi$  ein (taumelartige Bewegung um die Längsachse). Für die weitere Betrachtung kann die Welle incl. der Anschlusszapfen als starr angesehen werden. Die Dichte beträgt  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ .



Für die oben beschriebene Schwingung gilt:

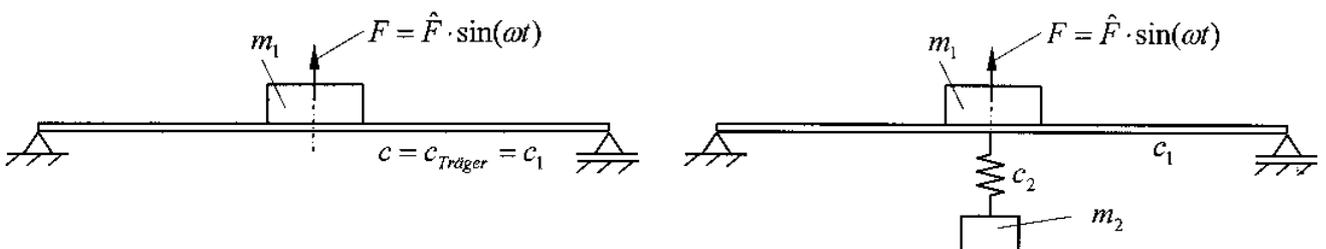
$$J_S \cdot \ddot{\varphi} = \hat{M} \cdot \sin(\omega t) - c_D \cdot \dot{\varphi}$$

Bestimmen Sie die Größen  $J_S$  (Massenwirkung der Anschlusszapfen und Unwuchtmassen vernachlässigen),  $\hat{M}$  und  $c_D$ !

Aufgabe 5 ( 11P )

Bei der Aufstellung einer Maschine mit der Masse  $m_1 = 80 \text{ kg}$  auf einem elastischen Träger der Steifigkeit  $c_1$  wurde die Schwingungsfähigkeit des Systems außer acht gelassen. Durch die sinusförmige Erregerkraft (Kreisfrequenz  $\omega$ ; wobei  $n = 1450 \text{ 1/min}$ ) läuft die Maschine genau in der Resonanz.

Durch Ausnutzung des Tilgungseffektes soll die Amplitude der Maschine bei der Betriebsdrehzahl nicht "nur reduziert", sondern sogar zu Null werden. Als Tilgungsmasse wird  $m_2 = 16 \text{ kg}$  angesetzt.



Bestimmen Sie  $c_1$  und  $c_2$  !

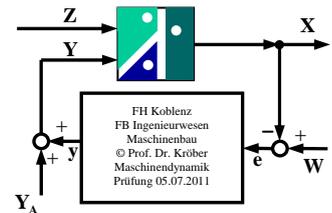
Aufgabe 6 ( 13P )

Bei der Bestimmung der Schallleistung einer Maschine nach dem Hüllflächenverfahren werden 5 Messpunkte verwendet. Dabei war die Anordnung der Messpunkte mit einer gleichmäßigen Flächenverteilung nicht möglich. Folgende Anordnung mit den dazugehörigen Messwerten wurde realisiert:

i	1	2	3	4	5
$S_i$ [m <sup>2</sup> ]	4	6	8	6	4
$L_{p_i}$ [dB(A)]	75	77	78	77	76

a. Bestimmen Sie den Schallleistungspegel  $L_w$ !

Hilfestellung: 
$$L_w = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{S_0} \sum_{i=1}^n (S_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p_i}}) \right]$$



b. Für die folgende Abschätzung soll von einer kugelförmigen Abstrahlung ausgegangen werden. Ferner gelten die Freifeldbedingungen auf schallharter Unterlage. Bei welchem Abstand von der Maschine beträgt der Schalldruckpegel 55 dB(A)?

Aufgabe 7 ( 20P )

Eine Maschine wird in einem Raum (  $V = 120 \text{ m}^3$  ) aufgestellt. Von der Maschine und dem Raum seien folgende Daten bekannt:

f [Hz]	500	630	800
$L_w$ [dB(A)]	60	62	60
Nachhallzeit T [s]	1,0	0,8	0,6

Anmerkung:

Um den Rechenaufwand zu begrenzen, wird hier davon ausgegangen, dass die Maschine nur in den drei angegebenen Terzen Schall abstrahlt.

- Bestimmen Sie die Absorptionsflächen bei den jeweiligen Frequenzen!
- Bestimmen Sie den Schalldruckpegel  $L_p$  [dB(A)], der sich in jeder Terz in dem Raum einstellt!
- Wie groß ist der Gesamtpegel  $L_{p_{ges}}$  [dB(A)] in dem Raum?

# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 05.07.11 Blatt 1

$$u1) A = \frac{v_0 + f \cdot x_0}{\omega d} = \frac{v_0 + f \cdot x_0}{\sqrt{\omega_0^2 - f^2}} = \frac{2 \frac{\text{mm}}{\text{s}} + 0,15^{-1} \cdot 2 \text{mm}}{\sqrt{2^2 - 0,12^2} \text{s}^{-1}} = 1,100 \text{ mm}$$

$$B = x_0 = 2 \text{ mm}$$

$$C = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{1,100^2 + 2^2} \text{ mm} = 2,283 \text{ mm}$$

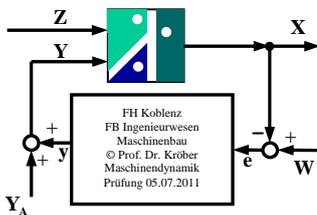
Hüllkurve:

$$x = C \cdot e^{-ft} \Rightarrow \frac{x}{C} = e^{-ft} \Rightarrow \frac{C}{x} = e^{ft} \quad | \ln$$

$$\ln \frac{C}{x} = ft \Rightarrow t = \frac{1}{f} \cdot \ln \frac{C}{x}$$

$$= \frac{1}{0,15^{-1}} \ln \frac{2,283}{0,2}$$

$$\underline{\underline{t = 24,355}}$$



$$u2, a) f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_{sp}}{m}}$$

$$= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{40}} \text{ Hz} = 50,329 \text{ Hz} ; f = \frac{n}{60} = \frac{1450}{60} \text{ Hz} = 24,167 \text{ Hz}$$

$$\eta = \frac{f}{f_0} = \frac{24,167}{50,329} = 0,4802 (< 1)$$

$$\underline{\underline{\frac{1}{x} = \frac{\Delta m \cdot e}{m} \cdot \frac{\eta^2}{\sqrt{1-\eta^2}} = \frac{0,2 \text{ m}}{40} \cdot \frac{0,4802^2}{1-0,4802^2} = 1,498 \text{ mm}}}$$

$$b) \frac{1}{F_M} = \frac{1}{F} \frac{1}{\sqrt{1-\eta^2}} ; \frac{1}{F} = \Delta m \cdot e \cdot \omega^2 ; \omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$\underline{\underline{\frac{1}{F_M} = 0,2 \left( \frac{\pi \cdot 1450}{30} \right)^2 \frac{1}{1-0,4802^2} \text{ N} = 5993 \text{ N}}}$$

# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 08.07.11 Blatt 2

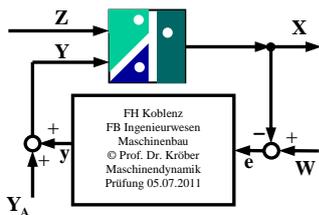
$$\begin{aligned}
 m3.a) \quad \eta &= \frac{x}{y} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2 \cdot 0,2)^2}} \\
 &= 1 \text{ cm} \cdot \frac{\sqrt{(1 - 2,5^2)^2 + (2 \cdot 0,2 \cdot 2,5)^2}}{\sqrt{1 + (2 \cdot 0,2 \cdot 2,5)^2}} = \underline{\underline{3,78 \text{ cm}}}
 \end{aligned}$$

$$b) \quad \eta = \frac{f}{f_0} \Rightarrow f = \eta \cdot f_0 = 2,5 \cdot 2 \text{ Hz} = 5 \text{ Hz}$$

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \underline{\underline{\lambda = \frac{v}{f} = \frac{36/3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \frac{1}{\text{s}}} = 2 \text{ m}}}$$

$$c) \quad \omega_0^2 = \omega_d^2 + \beta^2 \Rightarrow \omega_d^2 = \omega_0^2 - \beta^2 = \omega_0^2 \left(1 - \left(\frac{\beta}{\omega_0}\right)^2\right) = \omega_0^2 (1 - d^2)$$

also:  $\omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - d^2}$



$$\frac{2\pi}{T_d} = \frac{2\pi}{T_0} \sqrt{1 - d^2}$$

$$T_d = \frac{T_0}{\sqrt{1 - d^2}} \quad ; \quad T_0 = \frac{1}{f_0}$$

$$\underline{\underline{T_d = \frac{1}{2,5 \text{ s}} = 0,515}}$$

$$\begin{aligned}
 m4) \quad \underline{\underline{J_s}} &= m \left( \frac{r^2}{4} + \frac{l^2}{12} \right) = 0,1^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 915 \cdot 7850 \left( \frac{0,05^2}{4} + \frac{0,15^2}{12} \right) \text{ kgm}^2 \\
 &= \underline{\underline{2312 \cdot 10^{-2} \text{ kgm}^2}}
 \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{M}} = \underline{\underline{F}} \cdot (\text{Hebelarm}); \quad \underline{\underline{F}} = u \cdot \omega^2; \quad \omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$= 0,001 \left( \frac{\pi \cdot 2950^2}{30} \right) \cdot 915 \text{ Nm} = \underline{\underline{14,315 \text{ Nm}}}$$

$$\begin{aligned}
 \underline{\underline{c_D}} &= 2 \cdot c \cdot a^2 = 2 \cdot 45000 \cdot 0,1^2 \frac{\text{Nm}}{\text{rad}} = \underline{\underline{900 \frac{\text{Nm}}{\text{rad}}}} \\
 &\quad \uparrow \\
 &\quad 2544
 \end{aligned}$$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 05.07.11 Blatt 3

2m5)  $\omega_0^2 = \frac{c_1}{m_1} \Rightarrow c_1 = m_1 \cdot \omega_0^2 = 80 \left( \frac{\pi \cdot 1450}{30} \right)^2 \frac{N}{m} = \underline{\underline{1,845 \cdot 10^6 \frac{N}{m}}}$

Mittelle Zähler zweimassenschwinger:

$\underline{\underline{c_2 = m_2 \cdot \omega_{Tilger}^2 = 16 \left( \frac{\pi \cdot 1450}{30} \right)^2 \frac{N}{m} = 3,689 \cdot 10^5 \frac{N}{m}}}$

2m6,a)  $L_w = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{s_0 = 1m^2} (4 \cdot 10^{7,5} + 6 \cdot 10^{7,7} + 8 \cdot 10^{7,8} + 6 \cdot 10^{7,7} + 4 \cdot 10^{7,6}) \right] dB(A)$   
 $\underline{\underline{= 91,436 dB(A) \approx 91,4 dB(A)}}$

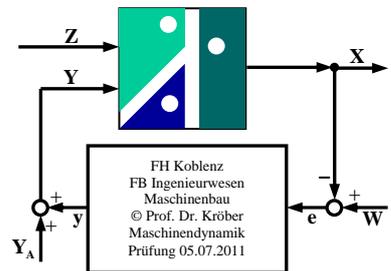
b)  $L_p = L_w - 8dB - 20 \cdot \lg r \Rightarrow 20 \cdot \lg r = L_w - 8dB - L_p$   
 $\underline{\underline{r = 10^{\frac{L_w - 8dB - L_p}{20}} = 10^{\frac{91,436 - 8 - 55}{20}} = 10^{1,873} = 26,41m}}$

2m7,a)  $T = 0,163 \cdot \frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{0,163 \cdot V}{T}$

$A_{500} = \frac{0,163 \cdot 120}{1} m^2 = \underline{\underline{19,56 m^2}}$

$A_{630} = \frac{0,163 \cdot 120}{0,8} m^2 = \underline{\underline{24,45 m^2}}$

$A_{800} = \frac{0,163 \cdot 120}{0,6} m^2 = \underline{\underline{32,6 m^2}}$



b)  $L_p = L_w + 6dB - 10 \cdot \lg(A)$

$L_{p500} = (60 + 6 - 10 \cdot \lg 19,56) dB(A) = \underline{\underline{53,086 dB(A)}}$

$L_{p630} = (60 + 6 - 10 \cdot \lg 24,45) dB(A) = \underline{\underline{54,117 dB(A)}}$

$L_{p800} = (60 + 6 - 10 \cdot \lg 32,6) dB(A) = \underline{\underline{50,868 dB(A)}}$

c)  $L_p = 10 \cdot \lg \left[ 10^{5,3086} + 10^{5,4117} + 10^{5,0868} \right] dB(A)$   
 $\underline{\underline{= 57,662 dB(A) \approx 57,7 dB(A)}}$