

Maschinendynamik SS 11
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der
 gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

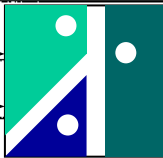
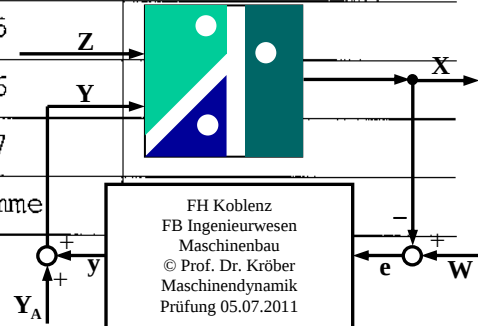
- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : _____

Erlaubte Hilfsmittel:

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

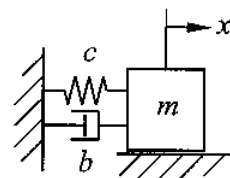
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
Summe	

FH Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Maschinendynamik
 Prüfung 05.07.2011

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 $0,2 \text{ mm}$?

Hinweis zur Lösung:

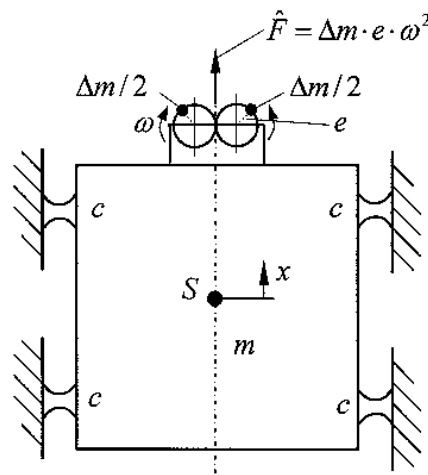
$$x = x(t) = e^{-\delta t} \cdot \left[\frac{v_0 + \delta \cdot x_0}{\omega_d} \cdot \sin(\omega_d t) + x_0 \cos(\omega_d t) \right] = e^{-\delta t} \cdot C \cdot \sin(\omega_d t + \varphi_0)$$

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

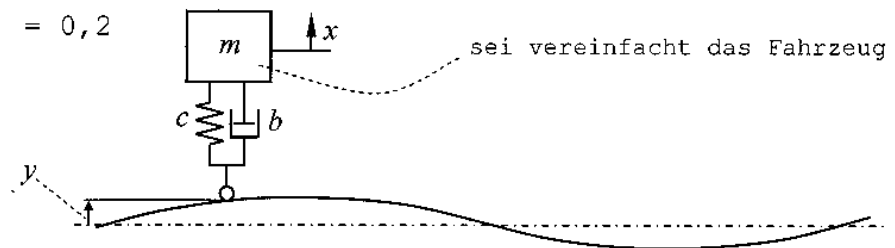


- Bestimmen Sie die sich einstellende Schwingungsamplitude $\hat{x}$!
- Wie groß ist die dynamische Kraftwirkung (dynamischer Anteil der Kraftwirkung durch die 4 Gummifederelemente, Gesamtkraft) auf die Umgebung?

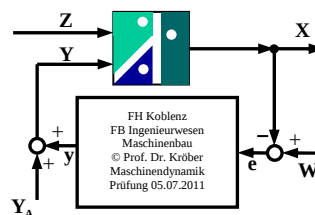
Aufgabe 3 (16P)

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

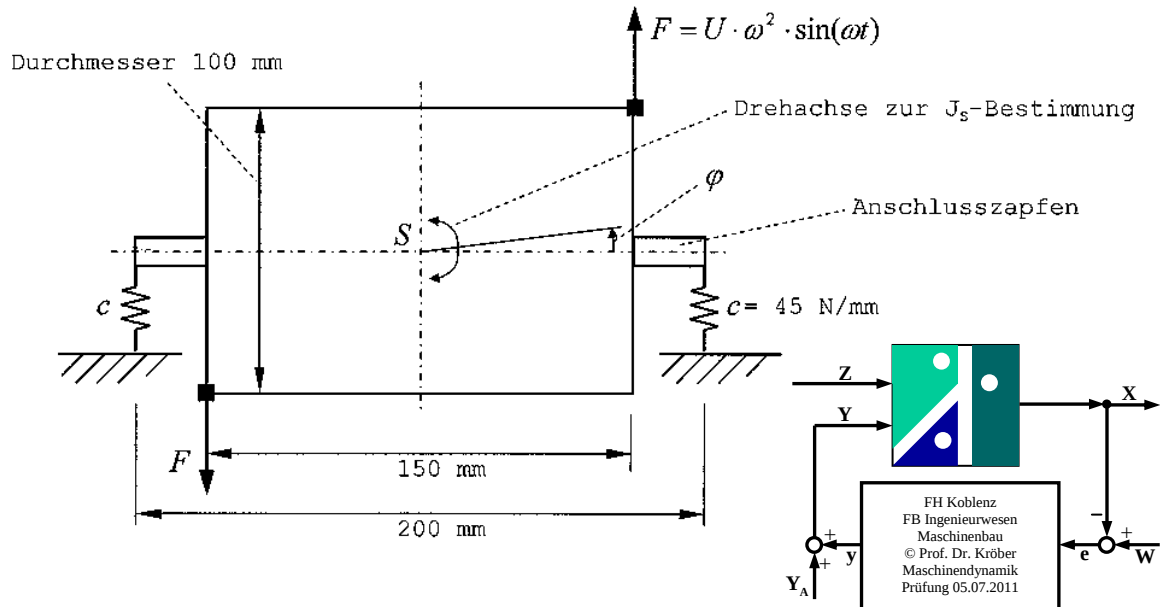


- Bestimmen Sie die Amplitude $\hat{y}$ der Bodenwellen!
- Wie groß ist der Abstand von Bodenwelle zu Bodenwelle (Wellenlänge $\lambda = ?$)? Hinweis zur Lösung b: $v = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$
- Mit welcher Periodendauer $T_d = 1/f_d$ schwingt das Fahrzeug 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 φ 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:

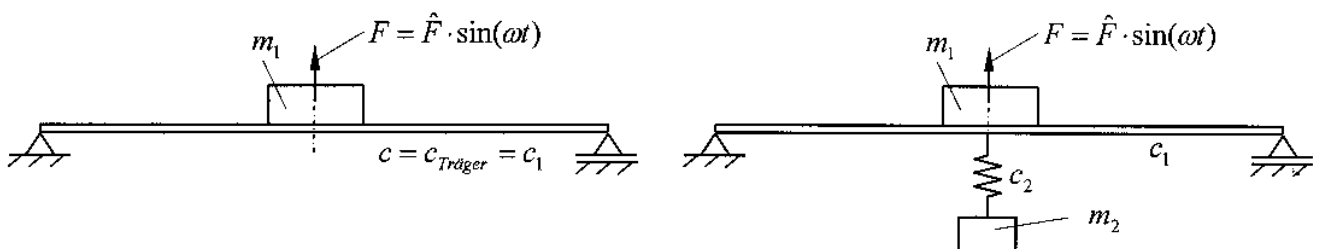
$$J_S \cdot \ddot{\varphi} = \hat{M} \cdot \sin(\omega t) - c_D \cdot \dot{\varphi}$$

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 ω ; 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 !

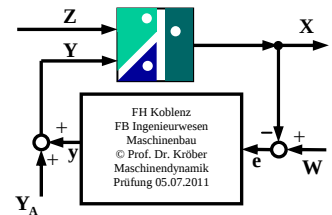
Aufgabe 6 (13P)

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 ²]	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 08.07.11 Blatt 2

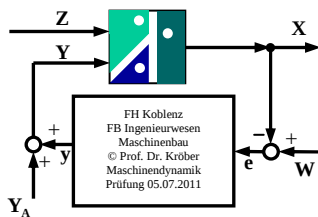
$$\text{m3, a)} \quad \eta = \frac{\vec{x}}{\vec{y}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2 \cdot 0,2)^2}} \\ = 1 \text{ cm} \cdot \frac{\sqrt{1 - 2,5^2 + (2 \cdot 0,2 \cdot 2,5)^2}}{\sqrt{1 + (2 \cdot 0,2 \cdot 2,5)^2}} = \underline{\underline{3,78 \text{ cm}}}$$

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

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

$$\text{c)} \quad \omega_0^2 = \omega_d^2 + \delta^2 \Rightarrow \omega_d^2 = \omega_0^2 - \delta^2 = \omega_0^2 \left(1 - \underbrace{\left(\frac{\delta}{\omega_0}\right)^2}_{\eta^2}\right) = \omega_0^2 (1 - \eta^2)$$

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



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

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

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

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

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

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

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

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 05.07.11 Blatt 3

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

Multifeder Zähler zweimassenschwinger:

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

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

$$\underline{\underline{= 91,436 dB(A) \approx 91,4 dB(A)}}$$

$$b) L_p = L_w - 8dB - 20 \cdot \lg r \Rightarrow 20 \cdot \lg r = L_w - 8dB - L_p$$

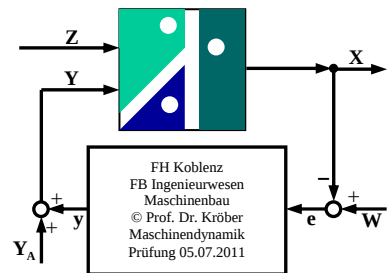
$$\underline{\underline{r = 10^{\frac{L_w - 8dB - L_p}{20}} = 10^{\frac{91,436 - 8 - 55}{20}} = 26,41m}}$$

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

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

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

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



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

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

$$L_{p630} = (62 + 6 - 10 \cdot \lg 24,45) dB(A) = \underline{\underline{54,117 dB(A)}}$$

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

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

$$\underline{\underline{= 57,662 dB(A) \approx 57,7 dB(A)}}$$