Hochschule Koblenz  Blatt 1 von 3
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

Maschinendynamik WS 14/15
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 | |



## Aufgabe 1 ( 8P )

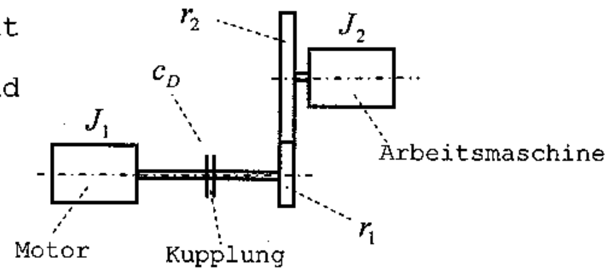
Eine Schwingung wird mathematisch beschrieben durch:

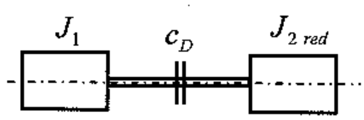
$$y = y(t) = -\sin(\omega t) - \cos(\omega t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Bestimmen Sie $\hat{y}$ sowie $\varphi_0$!

## Aufgabe 2 ( 12P )

Das abgebildete Antriebssystem besteht aus einem Motor, einer "drehweichen" Kupplung, einer Zahnradübersetzung und einer angetriebenen Arbeitsmaschine. Die Massenwirkung der Zahnräder kann vernachlässigt werden. Die Wellen können im Vergleich zur Kupplung als unendlich steif angesehen werden.




Geg.: $J_1$, $J_2$, $c_D$, $r_1$, $r_2$

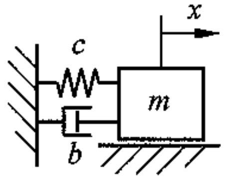
Hinweis: $i = \dfrac{n_2}{n_1} = \dfrac{\omega_2}{\omega_1} = \dfrac{r_1}{r_2}$

a. Bestimmen Sie zunächst $J_{2\,red}$ in Abhängigkeit der gegebenen Größen!

b. Wie groß ist die torsionskritische Drehzahl $n_0$ [in 1/min] in Abhängigkeit der gegebenen Größen?

## Aufgabe 3 ( 14P )

Von dem schwingungsfähigen System sind die Größen c, m, und $\vartheta$ bekannt.



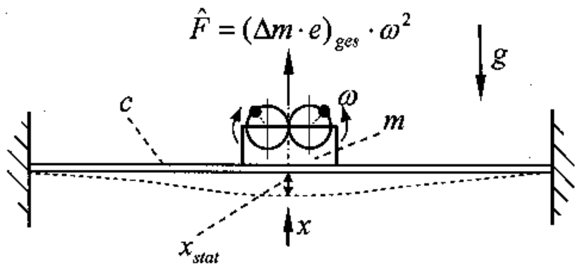

Geg.: c = 10000 N/m; m = 4 kg; $\vartheta$ = 0,05

a. Bestimmen Sie die den Dämpfungsbeiwert b in Abhängigkeit der gegebenen Größen (formelmäßige und numerische Lösung)!

b. Um wieviel Prozent nehmen die Schwingamplituden bei einer ausklingenden Schwingung bei jedem Ausschlag ab?

## Aufgabe 4 ( 16P )

Auf einem beidseitig eingespannten Träger, der wie eine Feder wirkt, ist ein gerichteter Schwinger montiert. Die Drehmassen drehen 8 mal pro Sekunde. Durch das Eigengewicht ergibt sich die statische Durchsenkung von 2 mm.

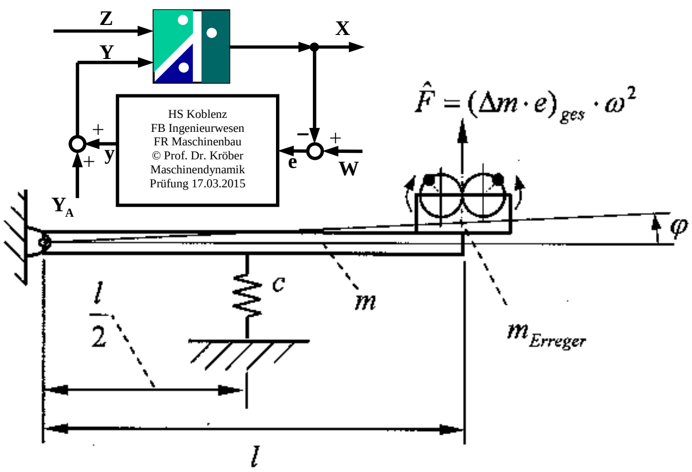



Ferner gegeben: m = 70 kg; g = 9,81 m/s²; $\hat{F}$ = 500 N; f = 8 Hz

Bestimmen Sie die sich einstellende Schwingamplitude $\hat{x}$ und den Maximalwert der Schwingbeschleunigung $\hat{\ddot{x}}$!

## Aufgabe 5 ( 14P )

Durch die Unwuchterregung kann das angegebene System Drehschwingungen ausführen. Der Balken der Masse m kann als starr angesehen werden. Die Erdbeschleunigung bleibt unberücksichtigt. Die Masse der Erregereinheit sei $m_{Erreger}$.




Die Differentialgleichung für das System lautet (kleine Auslenkungen):

$$\left(\frac{m}{3} + m_{Erreger}\right) \cdot l^2 \cdot \ddot{\varphi} = -c \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 \cdot \varphi + \hat{F} \cdot l \cdot \sin(\omega t)$$

Verwenden Sie den Ansatz $\varphi = \hat{\varphi} \cdot \sin(\omega t)$, um daraus eine Gleichung herzuleiten, mit der der Schwingwinkel berechnet werden kann.

Ziel der Rechung: $\hat{\varphi} = f(m, m_{Erreger}, l, c, \hat{F}, \omega)$

## Aufgabe 6 ( 9P )

In der Tabelle stehen Pegelwerte einer Terzanalyse, die im Frequenzbereich zwischen 400 Hz und 800 Hz durchgeführt wurde. In der rechten Spalte stehen die Summenpegel. Ergänzen Sie die fehlenden Eintragungen! Welchen der angegebenen Werte könnte man weglassen?

| f[Hz] | 400 | 500 | 630 | 800 | Gesamt |
|---|---|---|---|---|---|
| $L_p$[dB] | 66,0 | | 63,1 | | 70,0 |
| $L_p$[dB(A)] | 61,2 | | | 58,3 | |

## Aufgabe 7 ( 5P )

An einem Immissionspunkt treten folgende Schalleinträge auf:
1 h 70 dB(A), 2 h 67 dB(A), 4h 64 dB(A), 8 h 61 dB(A). Bestimmen Sie den auf 8 Stunden bezogenen energieäquivalenten Dauerschallpegel!

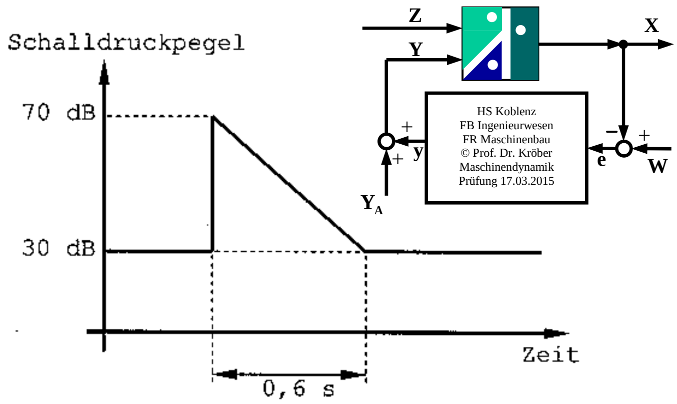
## Aufgabe 8 ( 8P )

Bei der Schallleistungsmessung nach dem Hüllflächenverfahren werden auf einer Halbkugel vom Radius r = 1,5 m an 5 Stellen die Schalldruckpegel gemessen. Die 5 Werte seien alle gleich und zwar 65 dB(A). Wie groß wären die Schalldruckpegelmesswerte, wenn der Radius 4 m betragen würde? Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.

Hilfestellung: Die Oberfläche einer Halbkugel beträgt $2 \cdot \pi \cdot r^2$

## Aufgabe 9 ( 5P )

Die Abbildung zeigt den Schalldruckpegel (idealisiert) in einem Raum nach einer impulsförmigen Anregung. Wie groß ist die Nachhallzeit?

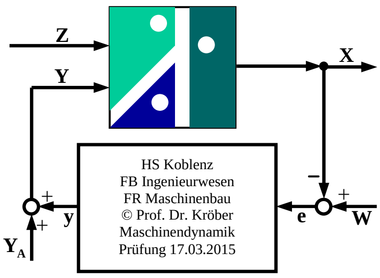



## Aufgabe 10 ( 9P )

In einem neu errichteten Schulungsraum wurden vom Planer die schallabsorbierenden Maßnahmen vergessen. Der Raum hat ein Volumen von 255 m³ und sollte nach Norm eine Nachhallzeit von 0,6 Sekunden haben. Der Raum wird als zu laut empfunden. Die Messung der vorhandenen Nachhallzeit ergab einen Wert von 1 Sekunde. Im Internet findet man absorbierende Würfel, die man von der Decke herabhängen lassen kann. Ein Würfel mit einer Kantenlänge von 40 cm hat eine Absorptionsfläche von ca. 1 m². Wie viele Würfel muss man aufhängen, damit der Sollwert der Nachhallzeit erreicht wird?

Anmerkung: Die Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit wird nicht berücksichtigt.
Hinweis für "Wissensdurstige": in google.de schallabsorbierende Würfel Decke eingeben

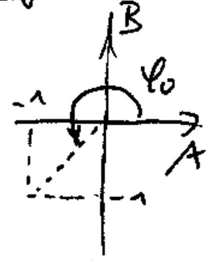
# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 17.03.15




zu 1) $y = -\sin\omega t - \cos\omega t$

$A = -1 \qquad B = -1$

$$\hat{y} = \sqrt{A^2+B^2} = \sqrt{(-1)^2+(-1)^2} = \underline{\underline{\sqrt{2}}}$$




Methode scharfes Hinsehen

$$\underline{\underline{\varphi_0 = +225^\circ \text{ bzw. } \varphi_0 = \frac{5}{4}\pi}}$$

zu 2, a) $\frac{1}{2} J_{2red} \cdot \omega_1^2 = \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 \Rightarrow \underline{\underline{J_{2red}}} = J_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2 = \underline{\underline{J_2 \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2}}$

b) $\omega_0^2 = c_D \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_{2red}}\right) = \left(\frac{\pi \cdot n_0}{30}\right)^2$

$$\underline{\underline{n_0 = \frac{30}{\pi} \sqrt{c_D \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2 \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2}\right)}}}$$

zu 3, a) $2\delta = \frac{b}{m} \Rightarrow \delta = \frac{b}{2m} \;\Big|\; \omega_0^2 = \frac{c}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$

$$\vartheta = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{b}{2m}\sqrt{\frac{m}{c}} = \frac{b}{2\sqrt{c \cdot m}} \Rightarrow \underline{\underline{b = 2\vartheta\sqrt{c \cdot m}}} = 2 \cdot 0{,}05\sqrt{10000 \cdot 4}\ \frac{N}{m/s}$$

$$= \underline{\underline{20\ \frac{N}{m/s}}}$$

b) $\Lambda = \frac{2\pi\vartheta}{\sqrt{1-\vartheta^2}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0{,}05}{\sqrt{1-0{,}05^2}} = 0{,}31455$

$$\frac{x_0}{x_1} = e^{\Lambda} \Rightarrow \frac{x_1}{x_0} = e^{-\Lambda} = e^{-0{,}31455} = 0{,}73012$$

Bem.: $1 - 0{,}73012 = 0{,}26988$

$\Rightarrow$ <u>Abnahme um 26,988 % ≈ 27,0 %</u>

# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 17.03.15

zu 4) $\omega_0^2 = \frac{g}{x_{stat}} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{x_{stat}}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{9{,}81}{0{,}002}}\,Hz = 11{,}147\,Hz$

$$\eta = \frac{f}{f_0} = \frac{8\,Hz}{11{,}147\,Hz} = 0{,}7177 \quad (\text{Bem.: } \eta < 1)$$

$$V_3 = \frac{\hat{x}}{\frac{\Delta m \cdot e}{m}} = \frac{\eta^2}{1-\eta^2} \Rightarrow \hat{x} = \frac{\Delta m \cdot e}{m} \cdot \frac{\eta^2}{1-\eta^2}$$

$$\Delta m \cdot e = \frac{F}{\omega^2} = \frac{F}{(2\pi f)^2} = \frac{500}{(2\pi \cdot 8)^2}\,kg \cdot m = 0{,}1979\,kg \cdot m$$

$$\underline{\underline{\hat{x}}} = \frac{0{,}1979}{70} \cdot \frac{0{,}7177^2}{1-0{,}7177^2}\,m = 3{,}003\,mm \approx \underline{\underline{3{,}00\,mm}}$$

Detailalternative:

$$\hat{x} = \frac{\hat{F}}{c - m\omega^2} \qquad m \cdot g = c \cdot x_{stat} \Rightarrow c = \frac{m \cdot g}{x_{stat}}$$

$$\hat{x} = \frac{\hat{F}}{\frac{m \cdot g}{x_{stat}} - m\omega^2} = \frac{\hat{F}}{m\left(\frac{g}{x_{stat}} - (2\pi f)^2\right)}$$

$$\underline{\underline{\hat{\ddot{x}}}} = \hat{x} \cdot \omega^2 = \hat{x}(2\pi f)^2 = 3{,}003 \cdot 10^{-3}\,(2\pi \cdot 8)^2\,m/s^2 = \underline{\underline{7{,}59\,m/s^2}}$$

zu 5) $\underbrace{\left(\frac{m}{3} + m_{Err}\right) l^2}_{J} \ddot{\varphi} = -\underbrace{c\left(\frac{l}{2}\right)^2}_{c_D} \varphi + \hat{F} \cdot l \cdot \sin\omega t$

$$J\ddot{\varphi} + c_D \varphi = \hat{F} l \sin\omega t$$

$$\varphi = \hat{\varphi} \sin\omega t \rightarrow \dot{\varphi} = \hat{\varphi}\omega\cos\omega t \Rightarrow \ddot{\varphi} = -\hat{\varphi}\omega^2 \sin\omega t$$

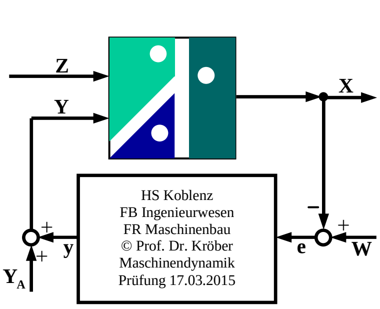
eingesetzt:

$$-J\hat{\varphi}\omega^2 \sin\omega t + c_D \hat{\varphi} \sin\omega t = \hat{F} l \sin\omega t$$

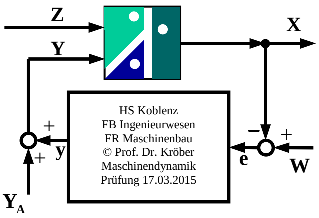
$$\sin\omega t \left[\underbrace{-J\hat{\varphi}\omega^2 + c_D\hat{\varphi} - \hat{F} l}_{=0}\right] = 0$$

$$\hat{\varphi}(c_D - J\omega^2) = \hat{F} \cdot l$$

$$\underline{\underline{\hat{\varphi}}} = \frac{\hat{F} l}{c_D - J\omega^2} = \frac{\hat{F} \cdot l}{c\left(\frac{l}{2}\right)^2 - \left(\frac{m}{3} + m_{Err}\right) l^2 \omega^2} = \underline{\underline{\frac{\hat{F}}{l\left[\frac{c}{4} - \left(\frac{m}{3} + m_{Err}\right)\omega^2\right]}}}$$



# Lösungen Prüfung Maschinendynamik 17.03.15




zu 6)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 500 | 630 | 800 | $\Sigma$ |
| 66 | 65,0 | 63,1 | 59,1 | 70 |
| 61,2 | 61,8 | 61,2 | 58,3 | 66,8 |

$63,1 - 1,9 = 61,2\ dB(A)$

$58,3 + 0,8 = 59,1\ dB$

$L_{p_{500Hz}} = 10 \cdot lg\left[10^{7} - 10^{6,31} - 10^{5,91} - 10^{6,6}\right] = 65,0029\ dB \approx 65,0\ dB$

$65,0 - 3,2 = 61,8\ dB(A)$

$L_{p_{ges}} = 10 \cdot lg\left[10^{6,12} + 10^{6,18} + 10^{6,12} + 10^{5,83}\right] dB(A) = 66,886\ dB(A)$
$\approx 66,8\ dB(A)$

eine der beiden Werte kann entfallen

zu 7) $L_{eq} = 10 \cdot lg\left[\frac{1}{8h}\left(10^{7} \cdot 1h + 10^{6,7} \cdot 2h + 10^{6,4} \cdot 4h + 10^{6,1} \cdot 1h\right)\right] dB(A)$

$= 67,005\ dB(A) \approx 67,0\ dB(A)$

zu 8) Da Pegel an Messpunkten alle gleich → einfache Rechnung

$L_p = L_W - 8dB - 20\,lg\,r$

$L_W = L_p + 8dB + 20 \cdot lg\,r = (65 + 8 + 20 \cdot lg\,1,5)\,dB(A) = 76,5218\,dB(A)$

$L_{p_{4m}} = L_W - 8dB - 20 \cdot lg\,r = (76,5218 - 8 - 20 \cdot lg\,4)\,dB(A) = 56,481\,dB(A) \approx 56,5\,dB(A)$

zu 9) 40 dB Abfall $\hat{=}$ 0,6 s  60 dB Abfall $\hat{=}$ $0,6 s \cdot \frac{60}{40} = 0,9 s = T$

zu 10) $T = 0,163 \frac{V}{A}$

$A_{vorhanden} = 0,163 \frac{V}{T_{vorhanden}} = 0,163 \frac{255}{1,0} m^2 = 41,565\ m^2$

$A_{soll} = 0,163 \frac{V}{T_{soll}} = 0,163 \frac{255}{0,6} m^2 = 69,275\ m^2$

Differenz: $\Delta A = (69,275 - 41,565)\,m^2 = 27,71\,m^2$

1 Würfel $\hat{=}$ 1 m² ⇒ also 27,71 Würfel

aufgerundet: 28 Würfel