Hochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

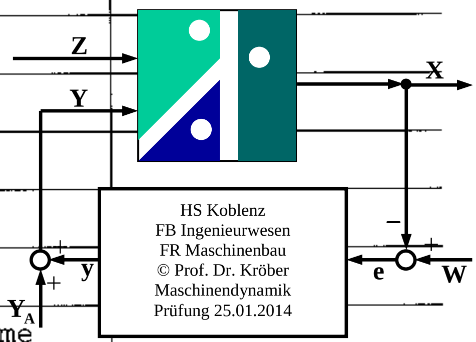
Matr.-Nr. ______________________

Maschinendynamik WS 13/14
Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Summe	



Note : ______________________

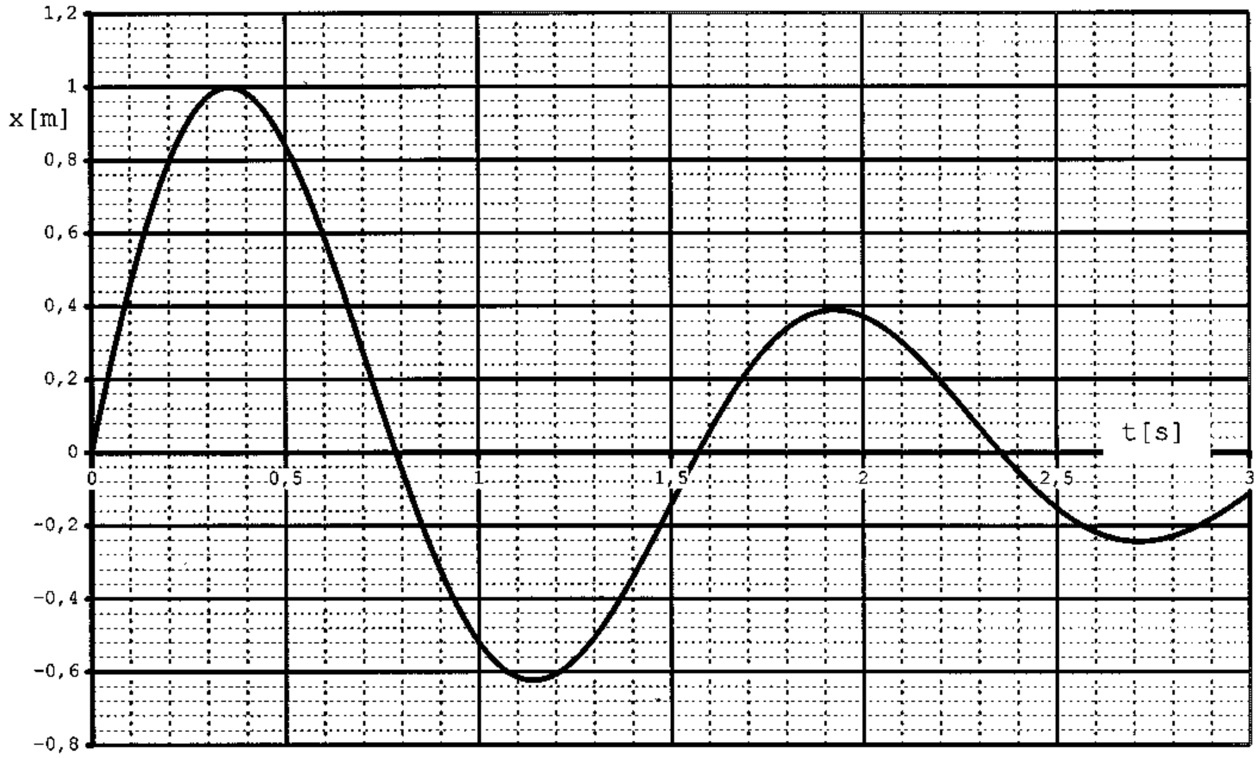
Erlaubte Hilfsmittel:
- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Technische Mechanik III" (5 Blätter)
- Formelsammlungsblatt "Massenträgheitsmomente: ..." (1 Blatt)
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (7 Blätter)
- Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik (11 Blätter)

Aufgabe 1 (16P)

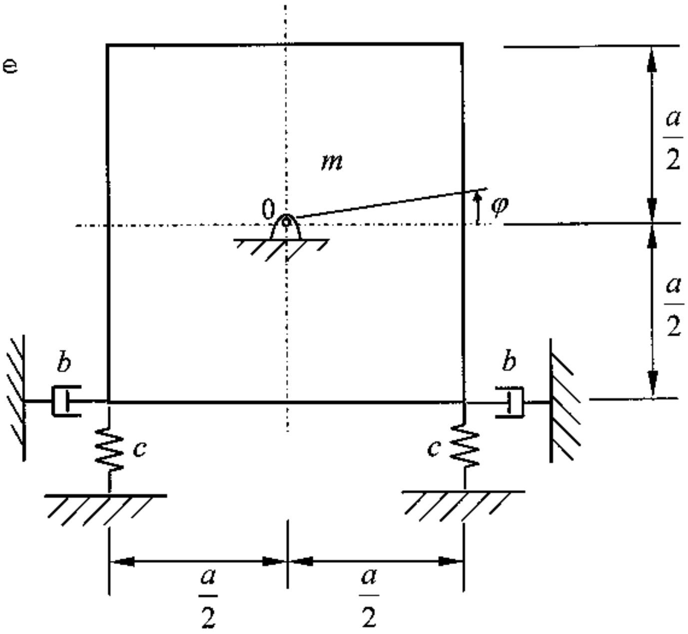
Die untenstehende Abbildung zeigt eine ausklingende Schwingung, deren Verlauf bei t=0 startet. Formelmäßig lässt sich der Verlauf beschreiben durch:

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

Bestimmen Sie die Größen x_0, v_0, ω_d und δ !



Aufgabe 2 (9P)



Die quadratische, homogene Platte kann durch die zwei Federn und die zwei Dämpfer gedämpfte Drehschwingungen ausführen.

In der Differentialgleichung

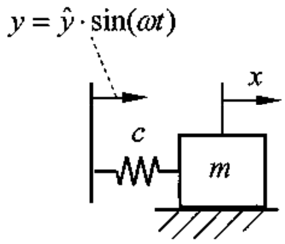
$$J_0 \cdot \ddot{\varphi} + b_D \cdot \dot{\varphi} + c_D \cdot \varphi = 0$$

sind die Größen J_0, b_D und c_D in Abhängigkeit der gegebenen Größen zu bestimmen.

Geg.: m, a, b, c

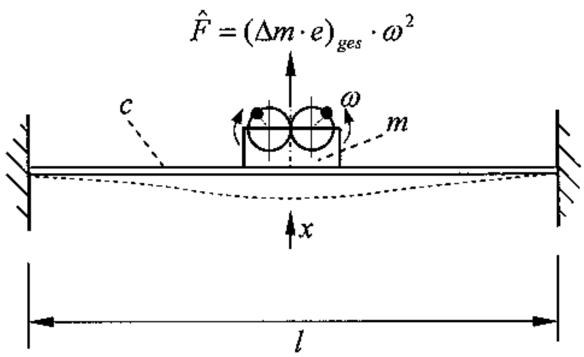
Aufgabe 3 (13P)

Bei dem abgebildeten Schwingungssystem schwingt die Masse m mit der doppelten Amplitude wie die Schwingungsanregung y. Die Federsteifigkeit beträgt c = 500 kN/m, die Frequenz f = 25 Hz. Wie groß muss dann die Masse m sein? Gibt es mehrere Lösungen?



Aufgabe 4 (16P)

Auf einem beidseitig eingespannten Träger, der wie eine Feder wirkt, ist ein gerichteter Schwinger montiert. Ohne Berücksichtigung der Erdbeschleunigung kann das Schwingverhalten durch folgende Gleichung beschrieben werden:



$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot x = (\Delta m \cdot e)_{ges} \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Wie groß muss die Masse m sein, damit sich bei den gegebenen Daten eine Schwingamplitude $\hat{x}$ = 0,8 mm ergibt? Hinweis: Zu untersuchen ist der unterkritische Fall.

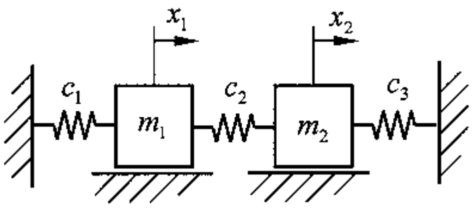
Für den Träger gilt: $c = \frac{192 \cdot E \cdot I}{l^3}$

Geg.:

E = $2{,}1 \cdot 10^{11}$ N/m²; I = $10^{-8}\, m^4$; l = 0,6 m; $(\Delta m \cdot e)_{ges} = 0{,}04\ \mathrm{kg \cdot m}$; $\omega = 150 \frac{rad}{s}$

Aufgabe 5 (8P)

Für das abgebildete Zweimassen-schwingsystem lauten die beiden Differentialgleichungen:

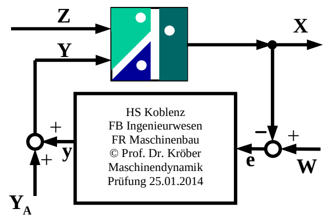


$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 = -c_1 \cdot x_1 - c_2 \cdot (x_1 - x_2)$$

$$m_2 \cdot \ddot{x}_2 = -c_3 \cdot x_2 - c_2 \cdot (x_2 - x_1)$$

Zur weiteren Untersuchung mit geeigneten Rechnerprogrammen müssen die beiden Gleichungen in Matrizenform gebracht werden. Dies ist bezüglich der Massenmatrix bereits geschehen. Wie lauten die 4 fehlenden Elemente in der Steifigkeitsmatrix (sind unten als Platzhalter durch Punkte … angedeutet)?

$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$



Aufgabe 6 (12P)

Eine punktförmige Schallquelle mit L_W = 80 dB(A) wird in einem geschlossenen Raum betrieben. Der quaderförmige Raum hat die Maße (Breite x Länge x Höhe) = (4 m x 4 m x 2,5 m). Die gemessene Nachhallzeit beträgt T = 0,52 s. Die Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit und der Absorption wird hier nicht berücksichtigt.

a. Wie groß ist die Schallabsorptionsfläche A und der Hallradius?

b. Wie groß ist der Schalldruckpegel im Abstand von 1 m und 2 m von der Schallquelle? Es soll ein diffuses Schallfeld zugrunde gelegt werden.

c. Wie groß ist der mittlere Absorptionskoeffizient α der Wandauskleidung des Raumes?

Aufgabe 7 (9P)

An einem Messpunkt im Freien liegt durch Schalleinträge aus der Umgebung ein ständiger Schalldruckpegel von 45 dB(A) vor.
Zusätzlich liegen vor:
4 LKW - Vorbeifahrten pro Stunde L_{eq} = 72 dB(A) bei t_{mess} = 1 min
12 PKW - Vorbeifahrten pro Stunde L_{eq} = 66 dB(A) bei t_{mess} = 1 min

a. Bestimmen Sie den energieäquivalenten Dauerschallpegel innerhalb dieser Stunde!

b. Nach der TA-Lärm gelten für den Zeitraum "tags" folgende Grenzwerte:

Industriegebiet	70 dB(A)
Gewerbegebiet	65 dB(A)
Mischgebiet	60 dB(A)
allgemeines Wohngebiet	55 dB(A)
reines Wohngebiet	50 dB(A)
Kurgebiet	45 dB(A)

Der in Teilaufgabe 7a ermittelte energieäquivalenten Dauerschallpegel liegt den ganzen Tag vor. In welchen "Gebieten" wäre der oben ermittelte Wert zulässig?

Aufgabe 8 (17P)

Bei der Ermittlung eines Terzspektrums sind 2 Terzen (f=200 Hz und f = 250 Hz) bereits in der Abbildung eingetragen. Eingetragen sind jeweils der unbewertete Pegel und der A-bewertete Pegel (gestrichelt).

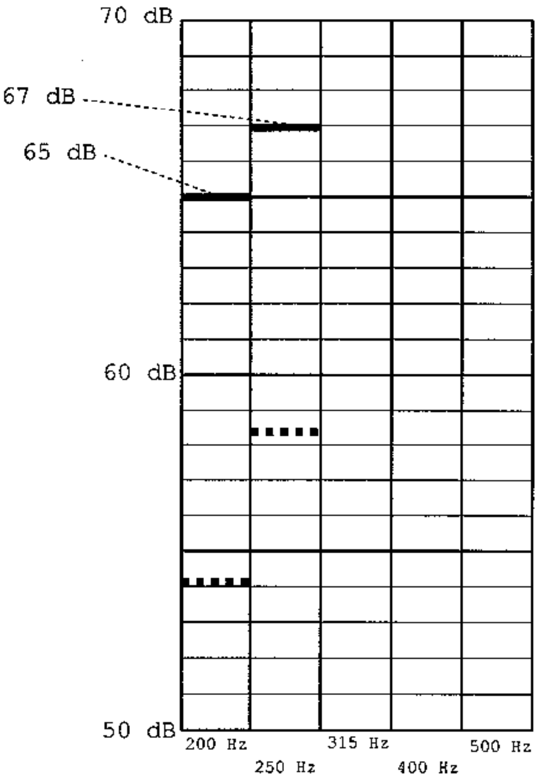
a. Ergänzen Sie die Pegel für f = 315 Hz, f = 400 Hz und f =500 Hz! Die Werte sollen auch in die Graphik eingetragen werden.
   Dabei soll zugrunde gelegt werden:

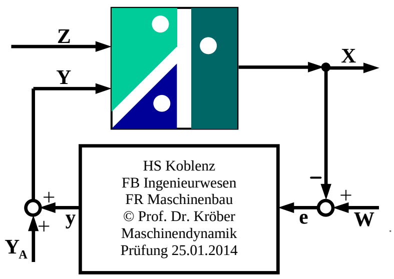
   $$p(t) = \hat{p}_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t) + \hat{p}_2 \cdot \sin(2\pi f_2 t) + \hat{p}_3 \cdot \sin(2\pi f_3 t)$$

   Zahlenwerte:

   $\hat{p}_1 = 0{,}071 Pa$; $f_1 = 315 Hz$; $\hat{p}_2 = 0{,}08 Pa$; $f_2 = 400 Hz$; $\hat{p}_3 = 0{,}08 Pa$; $f_3 = 500 Hz$

b. Wie groß ist der aus diesen 5 Terzen ermittelte Gesamtpegel (unbewertet und A-bewertet)?

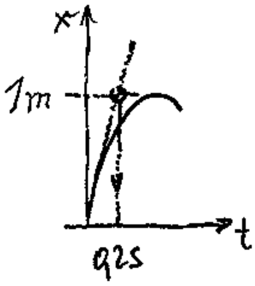




Lösungen Prüfung Maschinendynamik 25.01.14

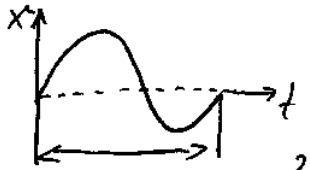
zu 1) Keine Anfangsauslenkung $\rightarrow \underline{\underline{x_0 = 0}}$

Steigung der Tangente bei $t=0$ ist v_0



$$\dot{x}(t=0) = \underline{\underline{v_0}} = \frac{1\,m}{0{,}25} = \underline{\underline{5\,m/s}}$$

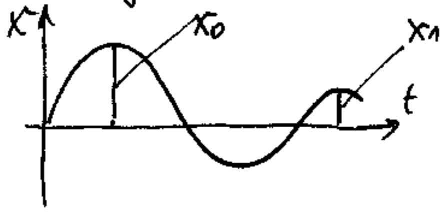
Periodendauer T_d:



$$T_d = 1{,}57\,s = \frac{2\pi}{\omega_d}$$

$$\underline{\underline{\omega_d}} = \frac{2\pi}{1{,}57}\,s = 4{,}002\,s^{-1} \approx \underline{\underline{4{,}0\,s^{-1}}}$$

Abklingkonstante δ:



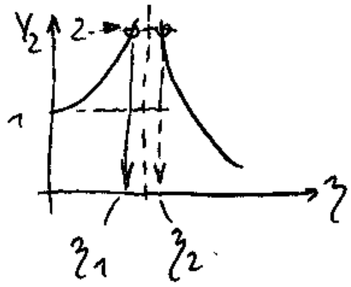
$$\Lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{x_i}{x_{i+n}} = \frac{1}{1} \ln \frac{1}{0{,}39} = 0{,}942$$

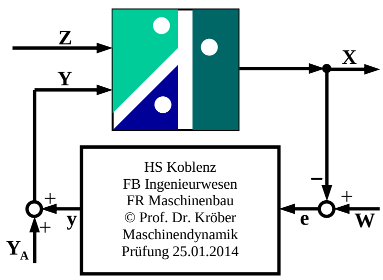
$$\Lambda = \delta \cdot T_d \Rightarrow \underline{\underline{\delta}} = \frac{\Lambda}{T_d} = \frac{0{,}942}{1{,}57\,s} = \underline{\underline{0{,}60\,s^{-1}}}$$

zu 2) $\underline{\underline{J_0}} = \frac{m}{12}(a^2 + a^2) = \underline{\underline{\frac{1}{6} m a^2}}$

$$\underline{\underline{c_D}} = 2 \cdot c \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \underline{\underline{\frac{1}{2} c \cdot a^2}} \; ; \; \underline{\underline{b_D}} = 2 \cdot b \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \underline{\underline{\frac{1}{2} b \cdot a^2}}$$

zu 3)





$\rightarrow$ 2 Lösungen

$$\eta < 1: \quad V_2 = \frac{1}{1-\eta^2} \Rightarrow \eta = \sqrt{1 - \frac{1}{V_2}} = \sqrt{1 - \frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}7071$$

$$\eta = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{2\cdot\pi\cdot f}{\sqrt{\frac{c}{m}}} \Rightarrow \underline{\underline{m}} = \frac{c}{\left(\frac{2\pi f}{\eta}\right)^2} = \frac{500000}{\left(\frac{2\cdot\pi\cdot 25}{0{,}7071}\right)^2}\,kg = \underline{\underline{10{,}13\,kg}}$$

$$\eta > 1: \quad V_2 = \frac{1}{\eta^2 - 1} \Rightarrow \eta = \sqrt{1 + \frac{1}{V_2}} = \sqrt{1 + \frac{1}{2}} = 1{,}225$$

$$\underline{\underline{m}} = \frac{c}{\left(\frac{2\pi f}{\eta}\right)^2} = \frac{500000}{\left(\frac{2\pi 25}{1{,}225}\right)^2}\,kg = \underline{\underline{30{,}40\,kg}}$$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 25.01.14

zu 4) $m\ddot{x} + cx = (\Delta m e)_{ges}\cdot\omega^2\cdot\sin\omega t$ $\quad x = \hat{x}\cdot\sin\omega t \rightarrow \ddot{x} = -\hat{x}\omega^2\sin\omega t$

$$-m\hat{x}\omega^2\cancel{\sin\omega t} + c\cdot\hat{x}\cancel{\sin\omega t} = (\Delta m e)_{ges}\omega^2\cancel{\sin\omega t}$$ Bem.: $\sin\omega t \neq 0$

$$c\hat{x} - (\Delta m e)_{ges}\omega^2 = m\hat{x}\omega^2$$

$$m = \frac{c\hat{x} - (\Delta m e)_{ges}\omega^2}{\hat{x}\omega^2}$$

$$c = \frac{192\,EJ}{l^3} = \frac{192\cdot 2{,}1\cdot 10^{11}\cdot 10^{-8}}{0{,}6^3}\ \mathrm{N/m}$$

$$c = 1{,}8\bar{6}\ldots\cdot 10^6\ \mathrm{N/m}$$

$$\underline{\underline{m}} = \frac{1{,}8\bar{6}\ldots\cdot 10^6\cdot 0{,}0008 - 0{,}04\cdot 150^2}{0{,}0008\cdot 150^2}\,\mathrm{kg} = \underline{\underline{32{,}96\ \mathrm{kg}}}$$

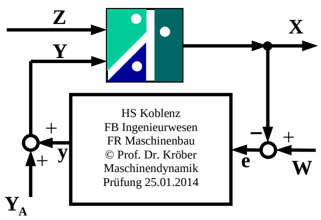
Detailalternative:

$$V_\eta = \frac{\hat{x}}{\frac{(\Delta m e)_{ges}}{m}} = \frac{\eta^2}{1-\eta^2} = \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} = \frac{\omega^2}{\omega_0^2-\omega^2} = \frac{\omega^2}{\frac{c}{m}-\omega^2}$$

$$\frac{\hat{x}}{\frac{(\Delta m\cdot e)_{ges}}{m}} = \frac{\omega^2}{\frac{c}{m}-\omega^2}\ \Big|\cdot\frac{1}{m}$$

$$\frac{\hat{x}}{(\Delta m\cdot e)_{ges}} = \frac{\omega^2}{c-m\omega^2} \Rightarrow c - m\omega^2 = \frac{(\Delta m e)_{ges}\cdot\omega^2}{\hat{x}} \Rightarrow \frac{c}{\omega^2} - m = \frac{(\Delta m e)_{ges}}{\hat{x}}$$

$$m = \frac{c}{\omega^2} - \frac{(\Delta m\cdot e)_{ges}}{\hat{x}}$$ (identisch zu oben)



zu 5) $m_1\ddot{x}_1 + c_1x_1 + c_2x_1 - c_2x_2 = 0$

$m_2\ddot{x}_2 + c_3x_2 + c_2x_2 - c_2x_1 = 0$

$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1+c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2+c_3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

zu 6) $V = 4\cdot 4\cdot 2{,}5\,\mathrm{m}^3 = 40\,\mathrm{m}^3$

$$T = 0{,}163\,\frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{0{,}163\cdot V}{T} = \frac{0{,}163\cdot 40}{0{,}52}\,\mathrm{m}^2 = 12{,}54\,\mathrm{m}^2$$

$$\underline{\underline{r_H}} = 0{,}141\sqrt{A} = 0{,}141\cdot\sqrt{12{,}54}\,\mathrm{m} = 0{,}4992\,\mathrm{m} \approx \underline{\underline{0{,}50\,\mathrm{m}}}$$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 25.01.14

noch zu 6)

diffuses Schallfeld für $r > r_H$ $\rightarrow L_p$ gleich

$$L_{p_{1m}} = L_{p_{2m}} = L_W + 6\,dB - 10 \cdot lg(A) = (80 + 6 - 10 \cdot lg\, 12{,}54)\,dB(A)$$
$$= 75{,}02\,dB(A) \approx \underline{75{,}0\,dB(A)}$$

$$S = (4 \cdot 4 \cdot 2 + 4 \cdot 2{,}5 \cdot 2 + 4 \cdot 2{,}5 \cdot 2)\,m^2 = 72\,m^2$$

$$\underline{\alpha} = \frac{A}{S} = \frac{12{,}54}{72} = \underline{0{,}174}$$

zu 7) $L_{eq} = 10 \cdot lg\left[\frac{1}{T_m} \sum 10^{0{,}1 L_i} \cdot T_i\right] = 10 \cdot lg\left[\frac{1}{60min}\left(10^{4{,}5} \cdot 60min + 10^{7{,}2} \cdot 4 \cdot 1min + 10^{6{,}6} \cdot 12 \cdot 1min\right)\right] dB(A)$

$$= 62{,}752\,dB(A) \approx \underline{62{,}8\,dB(A)}$$

zulässig in Gewerbe- und Industriegebiet

zu 8) 315 Hz $\quad L_{p_{315}} = 20 \cdot lg \frac{p_{eff}}{p_{0eff}} = 20 \cdot lg \frac{\frac{0{,}071}{\sqrt{2}}}{20 \cdot 10^{-6}}\,dB = 67{,}994\,dB \approx 68{,}0\,dB$

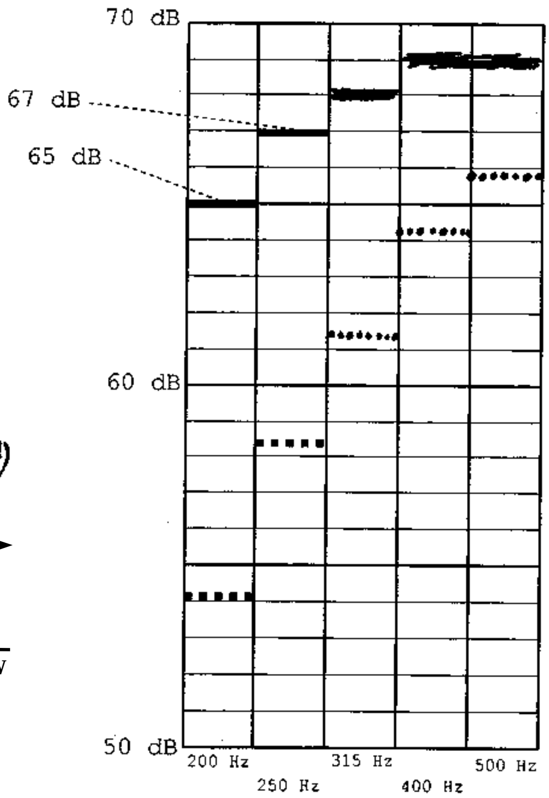
A-bewertet $-6{,}6\,dB \Rightarrow 61{,}4\,dB(A)$

400 Hz $\quad L_{p_{400}} = 20 \cdot lg \frac{0{,}08/\sqrt{2}}{20 \cdot 10^{-6}}\,dB = 69{,}0\,dB \quad (-4{,}8 \Rightarrow 64{,}2\,dB(A))$

500 Hz $\quad L_{p_{500}} = L_{p_{400}} = 69{,}0\,dB \quad (-3{,}2 \Rightarrow 65{,}8\,dB(A))$

Gesamtpegel:

$$L_{p_{ges}} = 10 \cdot lg\left(10^{6{,}5} + 10^{6{,}7} + 10^{6{,}8} + 2 \cdot 10^{6{,}9}\right) dB$$
$$= \underline{74{,}8\,dB}$$



A-Bewertet:

$65 - 10{,}9 = 54{,}1$

$67 - 8{,}6 = 58{,}4$

$$L_{p_{ges}} = 10 \cdot lg\left(10^{5{,}41} + 10^{5{,}84} + 10^{6{,}14} + 10^{6{,}42} + 10^{6{,}58}\right) dB(A)$$
$$= \underline{69{,}4\,dB(A)}$$