

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

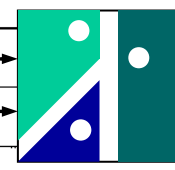
- Bearbeitungszeit : 90 min

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 19.09.2017

Aufgabe 1 (12P)

Eine Schwingung wird mathematisch beschrieben durch:

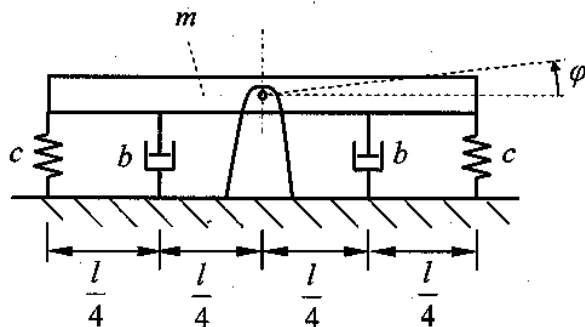
$$y = y(t) = +\sin(\omega t) - \cos(\omega t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

- a. Bestimmen Sie zunächst \hat{y} sowie φ_0 !
- b. Nach welcher Zeit ($t > 0$) wird das Minimum der Schwingung erstmals erreicht? Hierbei sei $\omega = 3,5 \cdot \pi \text{ s}^{-1} \approx 10,996 \text{ s}^{-1}$.

Aufgabe 2 (9P)

Das abgebildete System kann Drehschwingungen ausführen. Gegeben sind die Größen m , l , c und b sowie der Ansatz mittels des Drallsatzes (Differentialgleichung).

Nebenbemerkung: Bei dem System handelt es sich um einen dünnen, starren Stab.



$$\left(\frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2\right) \cdot \ddot{\varphi} = -2 \cdot b \cdot \left(\frac{l}{4}\right)^2 \cdot \dot{\varphi} - 2 \cdot c \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 \cdot \varphi$$

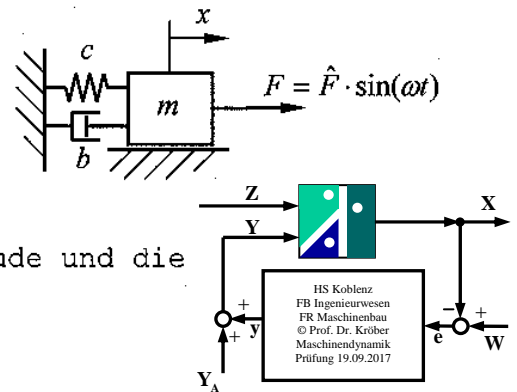
Bestimmen Sie jeweils eine Gleichung zur formelmäßigen Berechnung von ω_0 , δ und ϑ (in Abhängigkeit der gegebenen Größen)!

Aufgabe 3 (15P)

Auf ein schwingungsfähiges System wirkt eine sinusförmige periodische Kraft. Die anregende Frequenz beträgt genau das Doppelte der Eigenfrequenz. Es stellt sich eine Amplitude von 2 mm ein.

Ferner sind gegeben:
 $m = 60 \text{ kg}$; $c = 96000 \text{ N/m}$; $b = 960 \text{ N}\cdot\text{s/m}$;

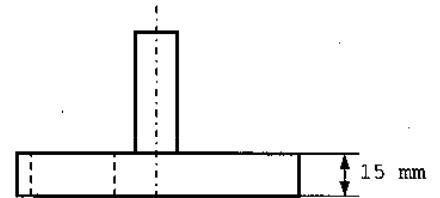
Bestimmen Sie die erforderliche Kraftamplitude und die Phasenverschiebung!



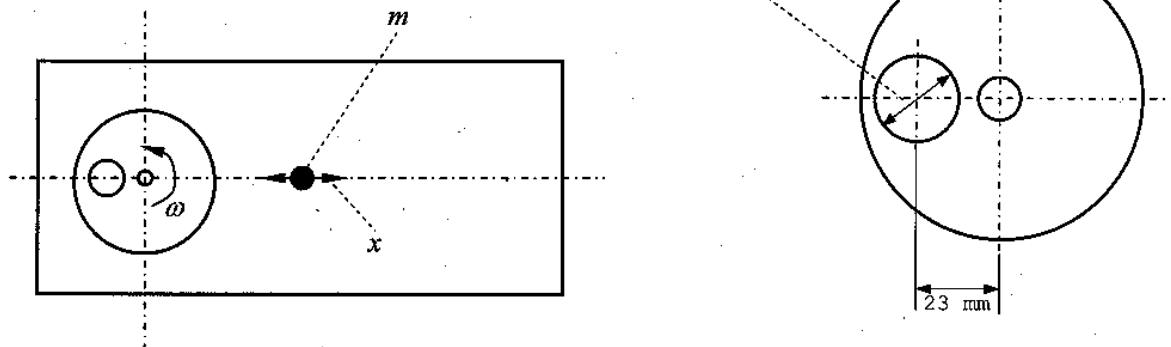
Aufgabe 4 (14P)

In einem Laborversuch im Akustiklabor wird eine Unwucht in das Bohrfutter einer Ständerbohrmaschine gespannt. Die Unwucht entsteht durch eine Bohrung in einem Drehteil. Bei der Drehung der Unwucht wird die Maschine in Schwingungen versetzt. Die sich einstellende Beschleunigung der Maschine wird messtechnisch bestimmt. Betrachtet wird die horizontale Längskomponente bzw. der dazugehörige Freiheitsgrad.

Da die gesamte Maschine auf einem Rollentisch steht, der quasi keine Rückstellkräfte verursacht, kann die Aufhängung als unendlich weich angesehen werden. Anders ausgedrückt, die Erregung erfolgt weit oberhalb der Eigenfrequenz bzw. der Eigenkreisfrequenz.



Ersatzsystem:



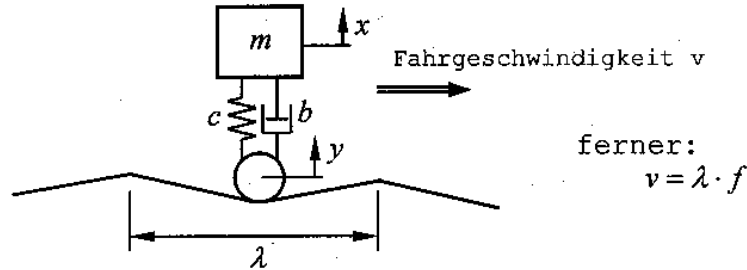
- Bestimmen Sie zunächst die Unwucht U (Dichte Stahl 7850 kg/m^3)!
- Die gemessene Schwingbeschleunigung beträgt $0,4 \text{ m/s}^2$ bei einer Frequenz von 22 Hz . Wie groß ist die Schwingamplitude?
- Wie groß ist die Masse m der Maschine (Summe der Maschinenmasse plus die Masse des mitschwingenden Tisches)?

Hilfestellung: $\hat{\ddot{x}} = \hat{x} \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2$

Aufgabe 5 (15P)

Bei der Untersuchung des Einflusses einer schlechten Wegstrecke auf das Schwingungsverhalten eines Fahrzeuges werden die unten stehenden Gegebenheiten zugrunde gelegt.

Anmerkung: Der Durchmesser der angedeuteten Rolle bzw. des Rades wird vernachlässigt.

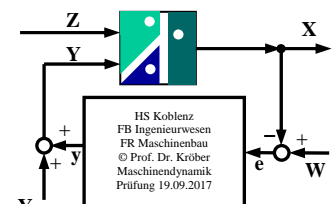
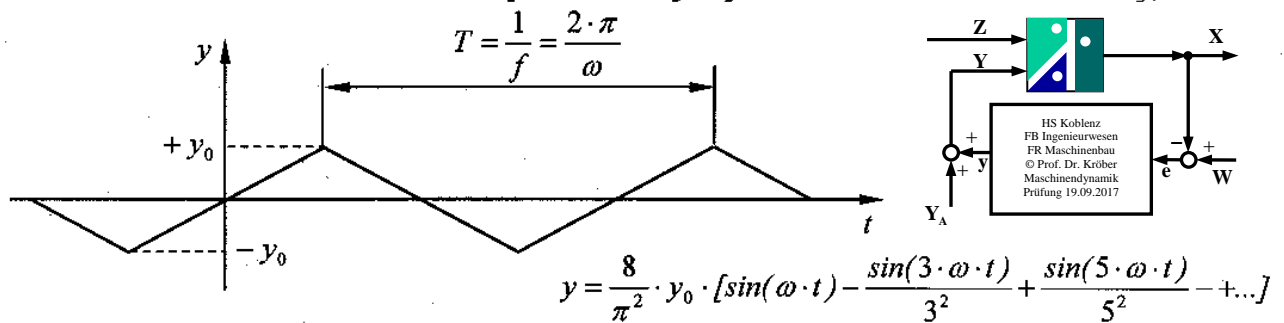


Gegebene Daten:

- $f_0 = 2,5 \text{ Hz}$
- $\beta = 0,3$
- $\lambda = 2 \text{ m}$
- $v = 54 \text{ km/h}$
- $y_0 = 2 \text{ cm}$

ferner:
 $v = \lambda \cdot f$

Details zum Verlauf der Fußpunkterregung (mit Reihenentwicklung):



Wie groß ist die Schwingamplitude \hat{x} des Schwingungsanteiles mit der Ordnungszahl $i = 3$?

Aufgabe 6 (5P)

Innerhalb einer Stunde ist es 30 Sekunden mit 85 dB(A) "sehr laut" und weitere 270 Sekunden mit 78 dB(A) "nicht ganz so laut". Die übrige Zeit beträgt der Pegel 60 dB(A). Wie groß ist der energieäquivalente Dauerschallpegel der betrachteten Stunde?

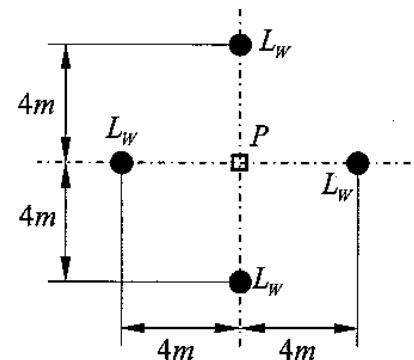
Aufgabe 7 (10P)

Es soll eine Pegelberechnung für 3 Terzen durchgeführt bzw. vervollständigt werden. Bestimmen Sie die 6 fehlenden Einträge in der Tabelle und bestimmen Sie zusätzlich den unbewerteten Gesamtpegel und den A-bewerteten Gesamtpegel!

f [Hz]	315		800
P_{eff} [Pa]	0,0250		
L_p [dB]		60,2	
L_p [dB(A)]		57,0	60,0

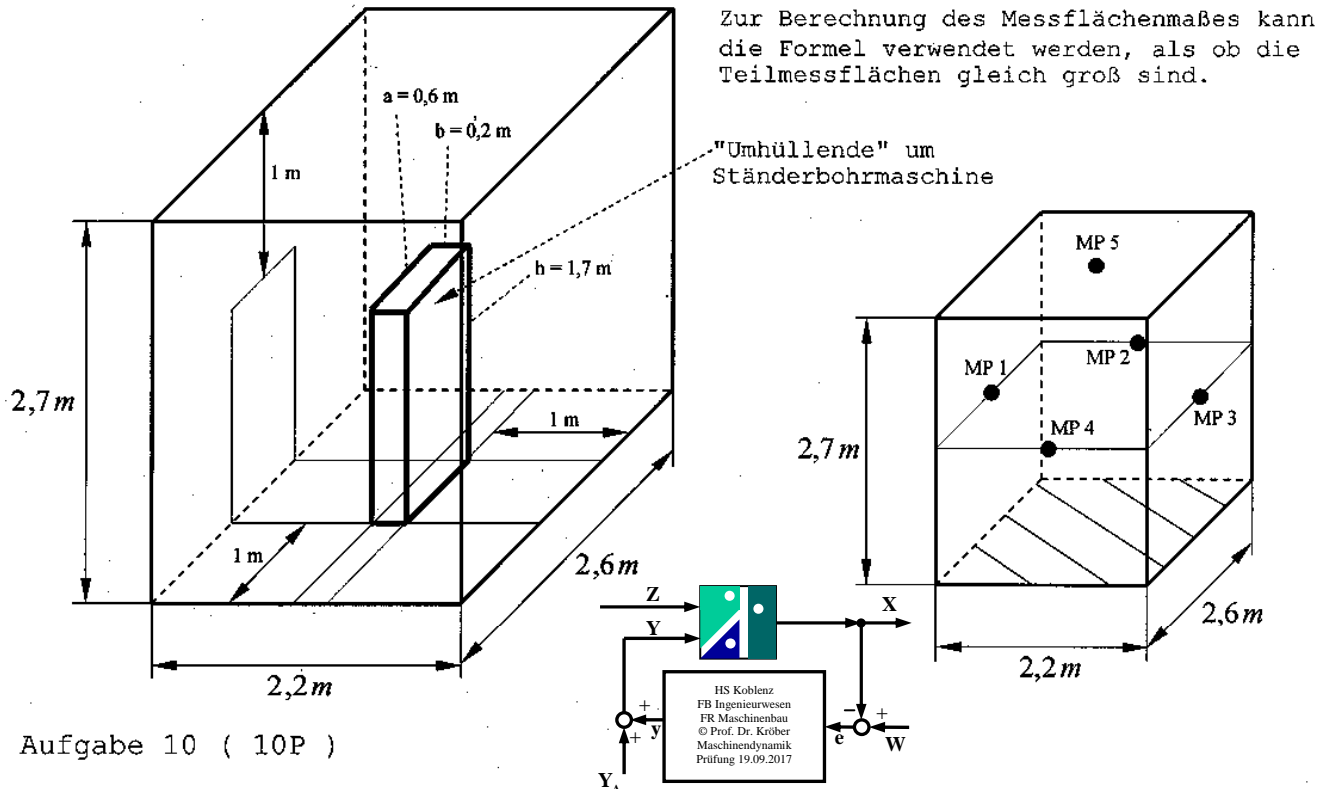
Aufgabe 8 (5P)

Vier gleiche Schallquellen sind gemäß der Abbildung symmetrisch um den Punkt P angeordnet. Am Punkt P wird ein Schalldruckpegel von 66 dB(A) gemessen. Wie groß muss dann L_w sein? Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.



Aufgabe 9 (5P.)

In einem Laborversuch im Akustiklabor wird die Schalleistung einer Ständerbohrmaschine ermittelt. Die 5 Messmikrofone sind wie in der Abbildung dargestellt, um die Maschine angeordnet. In dieser Aufgabe wird unterstellt, dass alle 5 Messmikrofone den gleichen Schalldruckpegel messen (stets 55 dB(A)). Bestimmen Sie den Schalleistungspegel!



Aufgabe 10 (10P)

Kürzlich ging folgende Mail ein (hier auf das Wesentliche gekürzt):

In meinem neuen Haus wurde eine neue Wasser/Wasserwärmepumpe verbaut, die mir sehr laut vorkommt. Laut Hersteller sollte der Schalldruck in 1 m Abstand (im freien Feld) den Wert von 35 dB(A) nicht übersteigen. Man hat mir gesagt, dass man bei der Aufstellung im Raum nochmals 3 dB draufrechnen müsste. Leider kommt mir die Pumpe deutlich lauter als 38 dB(A) vor.

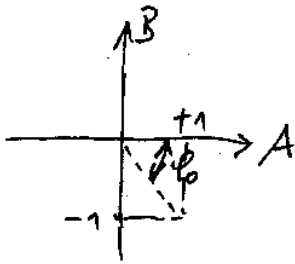
Hinweise zur späteren Rechnung:

Legen Sie hier für die Freifeldrechnung eine unbehinderte Schallausbreitung in allen Raumrichtungen zugrunde.

- Bestimmen Sie zunächst den Schalleistungspegel L_w !
- Wie groß muss die Schallabsorptionsfläche des Raumes sein, wenn im diffusen Schallfeld ein Wert von 38 dB(A) gemessen wird?
- Wie groß ist der Hallradius?
- Wie groß muss das zugrunde gelegte Raumvolumen sein, wenn von einer Nachhallzeit von 0,7 Sekunden (Wert für Heizungsraum) ausgegangen wird?
- Die Deckenhöhe des Raumes sei 2,5m. Die Grundfläche des Raumes sei quadratisch. Wie groß ist die Seitenlänge des Raumes?

Prüfung Maschinendynamik 19.09.17

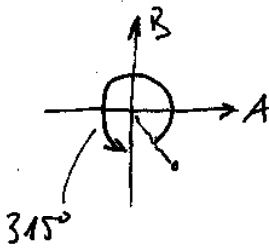
m1(a) $A = +1; B = -1$ $\underline{\underline{y}} = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{1^2 + (-1)^2} = \underline{\underline{\sqrt{2}}}$



$\tan \phi_0 = \frac{B}{A} = \frac{-1}{1} = -1 \Rightarrow \underline{\underline{\phi_0 = -45^\circ}}$

b) $y = \underline{\underline{y}} \cdot \sin(\underbrace{\omega t + \phi_0}_{\frac{3}{2} \cdot \pi}) \Rightarrow \frac{3}{2} \pi = \omega t + \phi_0 \Rightarrow t = \frac{1}{\omega} \left(\frac{3}{2} \pi - \phi_0 \right)$
 $= \frac{1}{3,5 \pi} \left(\frac{3}{2} \pi - (-45^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}) \right) s$
t = 0,5 s

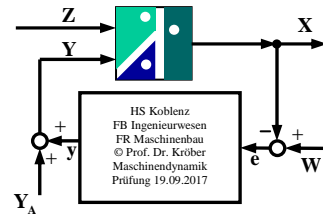
Alternative:



$315^\circ \stackrel{!}{=} t$
 $360^\circ \stackrel{!}{=} T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow t = \frac{315^\circ}{360^\circ} \cdot \frac{2\pi}{3,5\pi} = \frac{315^\circ}{360^\circ} \cdot \frac{2\pi}{3,5\pi} s$
= 0,5 s

m2) $\frac{1}{12} m \ddot{\varphi} + 2b \left(\frac{R}{l}\right)^2 \dot{\varphi} + 2c \left(\frac{R}{l}\right)^2 \varphi = 0 \quad | \cdot 12 \frac{m}{m}$

$\ddot{\varphi} + \frac{2b \cdot R}{16m} \dot{\varphi} + \frac{2c \cdot R}{4 \cdot m} \varphi = 0$



$\omega_0^2 = \frac{2 \cdot c \cdot R}{4m} = 6 \frac{c}{m} \Rightarrow \underline{\underline{\omega_0 = \sqrt{6 \frac{c}{m}}}}$ $\lambda = \frac{f}{\omega_0} = \frac{3 \cdot b \cdot \sqrt{m}}{4m \sqrt{6 \cdot c}} = \underline{\underline{\frac{3}{4 \sqrt{6}} \cdot \frac{b}{\sqrt{c \cdot m}}}}$
 $\delta = \frac{2b \cdot 12}{16m} \Rightarrow \underline{\underline{f = \frac{3}{4} \frac{b}{m}}}$

m3) $\lambda = \frac{f}{\omega_0} = \frac{\frac{3}{4} \frac{b}{m}}{\sqrt{6 \frac{c}{m}}} = \frac{b}{2 \sqrt{c \cdot m}} = \frac{960}{2 \sqrt{96000 \cdot 60}} = 0,2$

$V_1 = \frac{1}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2\lambda\eta)^2}} = \frac{1}{\sqrt{(1 - 2^2)^2 + (2 \cdot 0,2 \cdot 2)^2}} = 0,3221 = \frac{1}{\frac{1}{0,3221}} = \frac{1}{\frac{1}{0,3221}}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{V_1} = \frac{0,002 \cdot 96000}{0,3221} N = \underline{\underline{596,13 N}}$

Prüfung Maschinendynamik 19.09.17

andere 3) $\tan \varphi = -\frac{2\zeta\eta}{1-\eta^2} = -\frac{2 \cdot 0,2 \cdot 2}{1-2^2} = +0,26... \Rightarrow \varphi = +14,931^\circ$

wegen $\eta > 1$: $\underline{\underline{\varphi = +14,931^\circ - 180^\circ = -165,069^\circ}}$ (eilt nach)

m4) $\underline{\underline{U = \Delta m \cdot e = 0,02^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,015 \cdot 7850 \text{ kg} \cdot 0,023 \text{ m} = 8,508 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}}}$

b) $\underline{\underline{\hat{x} = \hat{x}^0 (2\pi f)^2 \Rightarrow \hat{x}^0 = \frac{\hat{x}}{(2\pi f)^2} = \frac{0,4}{(2\pi \cdot 22)^2} \text{ m} = 2,093 \cdot 10^{-5} \text{ m}}}$

c) $\underline{\underline{\hat{x}^0 = \frac{\Delta m \cdot e}{m} = \frac{U}{m} \Rightarrow m = \frac{U}{\hat{x}^0} = \frac{8,508 \cdot 10^{-4}}{2,093 \cdot 10^{-5}} \text{ kg} = 40,6 \text{ kg}}}$

m5) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{54/3,6}{2} \text{ Hz} = 7,5 \text{ Hz}$

$\eta = 3 \frac{f}{f_0} = 3 \cdot \frac{7,5}{2,5} = 9$

$\underline{\underline{v_2 = \frac{\hat{x}}{g} = \frac{\sqrt{1+(2\zeta\eta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2+(2\zeta\eta)^2}} = \frac{\sqrt{1+(2 \cdot 0,2 \cdot 9)^2}}{\sqrt{(1-9^2)^2+(2 \cdot 0,2 \cdot 9)^2}} = 0,0685}}$

$\underline{\underline{g = \frac{g}{\pi^2} \cdot y_0 \cdot \frac{1}{j^2} = \frac{g}{\pi^2} \cdot 0,02 \text{ m} \cdot \frac{1}{j^2} = 0,001801 \text{ m} = 1,801 \text{ mm}}}$

$\underline{\underline{\hat{x} = v_2 \cdot g = 0,0685 \cdot 1,801 \text{ mm} = 0,1234 \text{ mm}}}$

m6) $(3600 - 30 - 270) \text{ s} = 3300 \text{ s}$

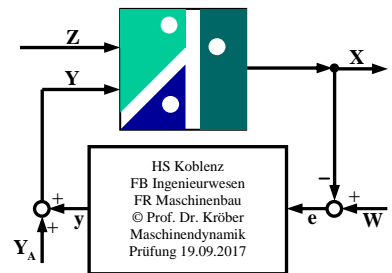
$\underline{\underline{L_{eq} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_m} \sum 10^{9,16 i \cdot T_i} \right]}}$

$= 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{3600} (10^{8,5} \cdot 30 + 10^{7,8} \cdot 270 + 10^6 \cdot 3300) \right]$

$\underline{\underline{= 69,182 \text{ dB(A)} \approx 69,2 \text{ dB(A)}}}$

m7) 315 Hz: $\underline{\underline{L_p = 20 \cdot \lg \frac{P_{eff}}{P_{o,eff}} = 20 \cdot \lg \frac{0,0250}{20 \cdot 10^{-6}} \text{ dB} = 61,938 \text{ dB} \approx 61,9 \text{ dB}}}$

$\underline{\underline{L_{pA} = (61,938 - 6,6) \text{ dB(A)} = 55,338 \text{ dB(A)} \approx 55,3 \text{ dB(A)}}}$



Prüfung Maschinendynamik 19.09.17

auch zu 7) $(57,0 - 60,2) \text{ dB} = -3,2 \text{ dB} \Rightarrow \underline{f = 500 \text{ Hz}}$

$$\frac{L_p}{20} = \lg \frac{p_{eff}}{p_{ref}} \Rightarrow \underline{p_{eff}} = p_{ref} \cdot 10^{\frac{L_p}{20}} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot 10^{\frac{60,2}{20}} = \underline{9,020466 \text{ Pa}}$$

800 Hz $\underline{L_p} = (60 + 0,8) \text{ dB} = \underline{60,8 \text{ dB}}$; $\underline{p_{eff}} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot 10^{\frac{60,8}{20}} = \underline{0,02193 \text{ Pa}}$

unbewertet: $\underline{L_{p_{ges}}} = 10 \cdot \lg [10^{6,19} + 10^{6,02} + 10^{6,08}] \text{ dB} = 65,81 \text{ dB} \approx \underline{65,8 \text{ dB}}$

A-bewertet: $\underline{L_{p_{ges}}} = 10 \cdot \lg [10^{5,53} + 10^{5,17} + 10^6] \text{ dB(A)} = 62,66 \text{ dB(A)} \approx \underline{62,7 \text{ dB(A)}}$

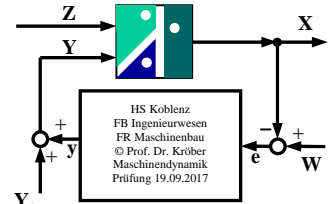
zu 8) $L_z = L_i + 10 \cdot \lg n \Rightarrow L_i = L_z - 10 \cdot \lg n = (66 - 10 \cdot \lg 4) \text{ dB(A)} = 59,979 \text{ dB(A)}$

$$\underline{L_p} = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r \Rightarrow L_w = L_p + 8 \text{ dB} + 20 \cdot \lg r = (59,979 + 8 + 20 \cdot \lg 4) \text{ dB(A)} = \underline{80,021 \text{ dB(A)} \approx \underline{80,0 \text{ dB(A)}}$$

zu 9) $S = (2,2 \cdot 2,7 \cdot 2 + 2,6 \cdot 2,7 \cdot 2 + 2,2 \cdot 2,6) \text{ m}^2 = 31,64 \text{ m}^2$

$$\underline{L_s} = 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} = 10 \cdot \lg \frac{31,64 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = 15,0024 \text{ dB} \approx 15,0 \text{ dB}$$

$$\underline{L_w} = \underline{L_p} + L_s = (55 + 15,0) \text{ dB(A)} = \underline{70,0 \text{ dB(A)}}$$



zu 10, a) $L_p = L_w - 11 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r$

$$\underline{L_w} = L_p + 11 \text{ dB} + 20 \cdot \lg r = (35 + 11 + 20 \cdot \lg 1) \text{ dB(A)} = \underline{46 \text{ dB(A)}}$$

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

$$\underline{A} = 10^{\frac{L_w + 6 \text{ dB} - L_p}{10}} = 10^{\frac{46 + 6 - 38}{10}} \text{ m}^2 = \underline{25,12 \text{ m}^2}$$

c) $\underline{r_H} = 0,141 \sqrt{A} = 0,141 \sqrt{25,12} \text{ m} = \underline{0,707 \text{ m}}$

d) $T = 0,163 \frac{\text{V}}{\text{A}} \Rightarrow \underline{V} = \frac{T \cdot A}{0,163} = \frac{0,7 \cdot 25,12}{0,163} \text{ m}^3 = \underline{107,87 \text{ m}^3}$

e) $V = h \cdot d^2 \Rightarrow \underline{d} = \sqrt{\frac{V}{h}} = \sqrt{\frac{107,87}{2,5}} \text{ m} = \underline{6,57 \text{ m}}$