Hochschule Koblenz Blatt 1 von 4
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Maschinendynamik WS 16/17
Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

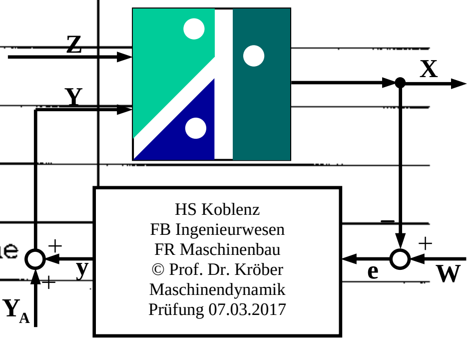
Note : ______________________________

Erlaubte Hilfsmittel:
- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (12 Blätter)
- Formelsammlung "Maschinenakustik" (3 Blätter)

Name ______________________________

Matr.-Nr. ______________________________

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Summe	

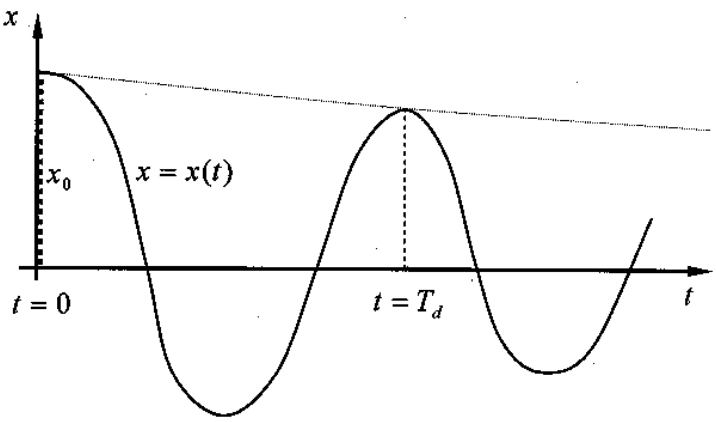


Aufgabe 1 (18P)

Die Abbildung zeigt eine gedämpfte Schwingung. Zum Zeitpunkt t = 0 gibt es eine Anfangsauslenkung x_0. Die Anfangsgeschwindigkeit v_0 sei Null. Die mathematische Beschreibung der abklingenden Schwingung lautet:

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

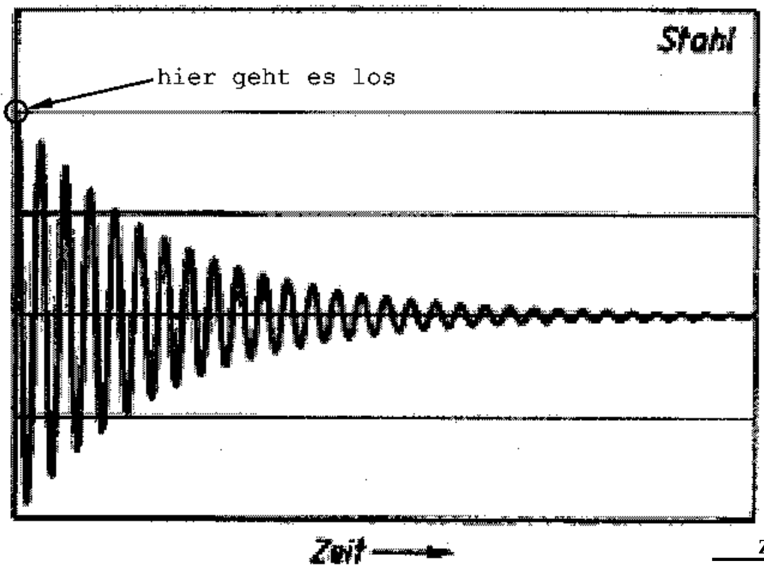
Geg.: $x_0 = 4mm$; $\omega_0 = 6s^{-1}$; $\vartheta = 0{,}15$

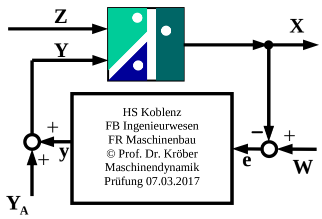


Bestimmen Sie die Auslenkung und die Schwinggeschwindigkeit zum Zeitpunkt $t = T_d / 4$!
Hinweis: Der Rechenaufwand beim Einsetzen der Zahlen reduziert sich deutlich, wenn man vorher $sin(\omega_d \cdot T_d / 4)$ und $cos(\omega_d \cdot T_d / 4)$ zahlenmäßig ausrechnet/auswertet. Hier kommen "sehr glatte" Werte raus.

Aufgabe 2 (4P)

In einem Skript der Werkstoffkunde ist eine Abklingkurve von Stahl abgebildet. Hier geht es thematisch darum, wie schnell sich Schwingungen in verschiedenen Metallen durch innere Dämpfung abbauen. Die Schwingung startet an der markierten Stelle ("hier geht es los"). Bestimmen Sie das logarithmische Dekrement dieser gedämpften Schwingung!

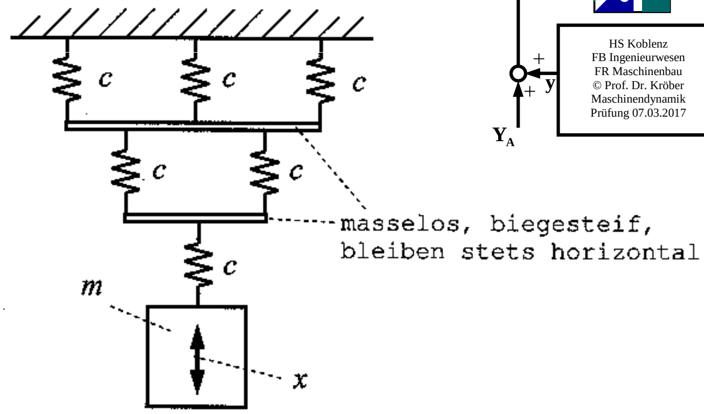




Aufgabe 3 (7P)

Bestimmen Sie die Eigenkreisfrequenz für vertikale Auslenkungen der Masse m!
(Bem.: Exakte Lösung!)

Ziel: $\omega_0 = f(c,m) = ???$



Aufgabe 4 (18P)

Auf einer Masse (15 kg) ist ein Unwuchterreger (U = 0,009 kg·m) montiert. Die Masse ist elastisch mit einer Feder zur Umgebung abgestützt. Die Eigenfrequenz des Systems beträgt 20 Hz. Die Schwingamplitude soll $\hat{x}$ = 0,8 mm betragen. Der Betrieb des Systems erfolgt überkritisch. Die Erdbeschleunigung wird nicht berücksichtigt.

Ansatz von Newton: $m\cdot\ddot{x} = \hat{F}_{Flieh}\cdot sin(\omega\cdot t) - c\cdot x$

a. Bei welcher Frequenz muss das System betrieben werden?

b. Bestimmen Sie den Maximalwert der Fliehkraft, den Maximalwert der Federkraft $(c\cdot\hat{x})$ und den Maximalwert der Trägheitskraft $(m\cdot\hat{\ddot{x}})$!

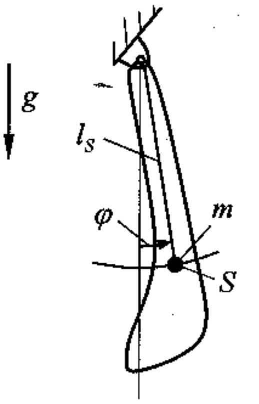
c. Können Sie bezüglich der drei berechneten Maximalkräfte eine "Probe/Bilanz" angeben? Hinweis: Irgendwie mit Ansatz von Newton arbeiten/argumentieren.

Aufgabe 5 (18P)

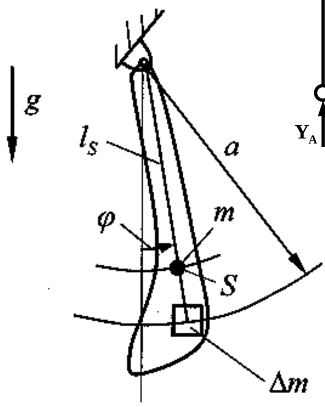
Zur Bestimmung des Massenträgheitsmomentes eines Maschinenbauteiles wird es an einem Drehpunkt aufgehangen. Dann wird die Periodendauer der Pendelschwingung gemessen (T_{01}). Nun wird an einem definierten Abstand a zur Drehachse eine definierte Punktmasse Δm angebracht. Dann wird wieder die Periodendauer der Pendelschwingung gemessen (T_{02}). Die dazugehörige Gleichung für den "Fall 2" ist bereits angegeben (stets kleine Auslenkungen).

Geg.: m, Δm, a, T_{01}, T_{02}, g

Ges.: l_S, J_S



Fall 1



Fall 2

$$\omega_{01}^2 = \left(\frac{2\cdot\pi}{T_{01}}\right)^2 = \ldots = ???$$

$$\omega_{02}^2 = \left(\frac{2\cdot\pi}{T_{02}}\right)^2 = \frac{m\cdot g\cdot l_S + \Delta m\cdot g\cdot a}{J_S + m\cdot l_S^2 + \Delta m\cdot a^2}$$

a. Wie muss die Gleichung für "Fall 1" lauten?

b. Lösen Sie beide Gleichungen nach J_S auf und ermitteln Sie eine Gleichung zur Bestimmung von l_S!

   Ziel: $l_S = \dfrac{\Delta m\cdot a\cdot\ldots}{m\cdot g\cdot(T_{01}^2 - T_{02}^2)} = ???$

c. Durch Rückeinsetzen von l_S in eine der oben gleichgesetzten Gleichungen erhält man auch die gesuchte Gleichung zur Bestimmung von J_S.
   Diese gesuchte Gleichung lautet:

$$J_S = m\cdot l_S\cdot\left[g\cdot\left(\frac{T_{01}}{2\cdot\pi}\right)^2 - l_S\right]$$

   Sie soll auch nachgewiesen werden.

Aufgabe 6 (7P)

Im Akustik-Labor wird an 5 Stellen der Schalldruckpegel gemessen. Die einzelnen Messwerte sind: 52 dB(A), 53 dB(A), 54 dB(A), 53 dB(A) und 52 dB(A). Die Prüffläche beträgt 32 m². Bestimmen Sie den mittleren Messflächenschalldruckpegel, das Messflächenmaß und den Schallleistungspegel!

Aufgabe 7 (9P)

In der Eingangshalle bei der Firma Bomag geht man durch ein "Spalier" von zwei Stampfern des Typs BT60. Jedes Gerät trägt ein Schild mit der Aufschrift "L_{WA} 108 dB". Wir nehmen einmal an, dass der Schall hauptsächlich beim Aufprall des Fußes auf den Untergrund entsteht. Der Bediener habe eine Körpergröße (Abstand Ohr zum Fuß) von 180 cm. Es wird stets von einer schallharten Unterlage ausgegangen.

a. Wie groß ist der Schalldruckpegel am Ohr des Bedieners (ein Stampfer wird betrieben)?

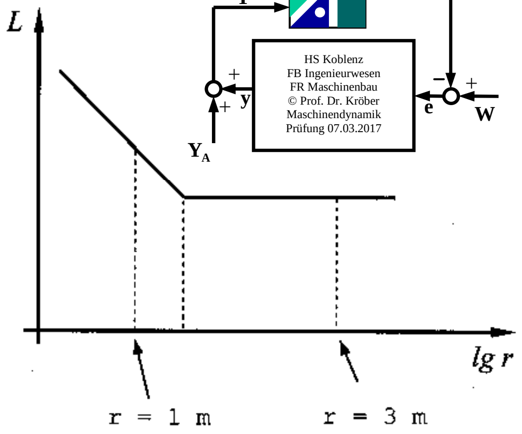
b. Ab einem Leq von 85 dB(A) bei einer Dauer von 8 Arbeitsstunden muss zwingend Gehörschutz getragen werden. Wie lange könnte der Bediener den Stampfer (ein Stampfer wird betrieben) ohne Gehörschutz betreiben?

c. Zwar etwas praxisfern, aber nehmen wir einmal an, der zweite Vibrationsstampfer wird von einem anderen Bediener direkt nebenan betrieben. Wie lange wäre dann die Zeitdauer "gerade ohne Gehörschutz"?

HS Koblenz
FB Ingenieurwesen
FR Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 07.03.2017

Aufgabe 8 (10P)

Ein Raum hat ein Volumen von 500 m³ und eine Nachhallzeit von T = 0,6 s. In dem Raum wird eine punktförmige Schallquelle mit einem Schallleistungspegel von 80 dB(A) betrieben. Die Abbildung zeigt idealisiert die Schalldruckpegelverteilung im Abstand r zur Schallquelle.



a. Bestimmen Sie den Hallradius?

b. Begründen Sie die Richtigkeit der Abbildung!

c. Wie groß ist der Schalldruckpegel an der Stelle "r = 1 m" und an der Stelle "r = 3 m"?

Aufgabe 9 (4P)

Eine Maschine erzeugt alleine einen Schalldruckpegel von 50,0 dB(A), eine weitere Maschine (ebenfalls alleine) 70,0 dB(A). Wie groß ist der Gesamtpegel (gerundet auf eine Nachkommastelle)?

Aufgabe 10 (5P)

Ein Schallereignis setzt sich aus zwei Frequenzanteilen (200 Hz und 1000 Hz) zusammen. Zur Messung wird ein Smartphone verwendet. Bei f = 200 Hz wird ein Wert von L_{200} = 50 dB angezeigt, bei f = 1000 Hz zeigt es L_{1000} = 54 dB an. Diese Messwerte sind unbewertet. Das Mikrofon des Smartphones zeigt bei 200 Hz 13 dB zu wenig an (ist eben kein hochwertiges Messmikrofon), bei 1000 Hz stimmt der Anzeigewert. Wie groß ist der A-bewertete Gesamtschalldruckpegel?

Prüfung Maschinendynamik vom 07.03.17

zu 1) $\vartheta = \frac{\delta}{\omega_0} \Rightarrow \delta = \vartheta \cdot \omega_0 = 0{,}15 \cdot 6\,s^{-1} = 0{,}9\,s^{-1}$

$$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = \sqrt{6^2 - 0{,}9^2}\,s^{-1} = 5{,}932\,s^{-1}$$

$$\omega_d = \frac{2\pi}{T_d} \Rightarrow T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{5{,}932}\,s = 1{,}059\,s \;;\; t = \frac{T_d}{4} = \ldots = 0{,}2648\,s$$

$$x\left(t = \frac{T_d}{4}\right) = e^{-0{,}9 \cdot 0{,}2648}\left[\frac{0 + 0{,}9 \cdot 4mm}{5{,}932} \cdot \underbrace{\sin(5{,}932 \cdot 0{,}2648)}_{=1} + 4mm \cdot \underbrace{\cos(5{,}932 \cdot 0{,}2648)}_{=0}\right]$$

$$= 0{,}478\,mm$$

$$x(t) = e^{-\delta t}\left[\frac{\delta x_0}{\omega_d}\sin\omega_d t + x_0 \cos\omega_d t\right] \quad (\text{Bem.: } v_0 = 0)$$

$$\dot{x} = -\delta e^{-\delta t}\left[\frac{\delta x_0}{\omega_d}\underbrace{\sin\omega_d t}_{1} + x_0 \underbrace{\cos\omega_d t}_{0}\right] + e^{-\delta t}\left[\frac{\delta x_0}{\omega_d} \cdot \omega_d \underbrace{\cos\omega_d t}_{0} - x_0 \omega_d \underbrace{\sin\omega_d t}_{1}\right]$$

$$= -\delta e^{-\delta t}\frac{\delta x_0}{\omega_d} - e^{-\delta t} x_0 \omega_d = x_0 e^{-\delta t}(-1)\left(\frac{\delta^2}{\omega_d} + \omega_d \frac{\omega_d}{\omega_d}\right)$$

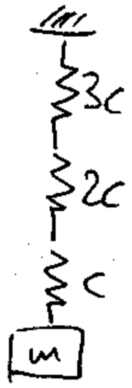
$$= -x_0 e^{-\delta t}\frac{\delta^2 + \omega_d^2}{\omega_d} = -\frac{x_0 \omega_0^2}{\omega_d} e^{-\delta t}$$

$$\dot{x} = -\frac{0{,}004 \cdot 6^2}{5{,}932} e^{-0{,}9 \cdot 0{,}2648}\,\frac{m}{s} = -0{,}01913\,\frac{m}{s}$$

zu 2) $\Lambda = \frac{1}{n}\ln\frac{x_i}{x_{i+n}} = \frac{1}{4}\ln\frac{2\text{ Skalenteile}}{1\text{ Skalenteil}} = 0{,}173$

↖ 4 Schwingungen später

zu 3)



$$\frac{1}{c_{ges}} = \frac{1}{c} + \frac{1}{2c} + \frac{1}{3c} = \frac{6+3+2}{6c} = \frac{11}{6c}$$

$$c_{ges} = \frac{6}{11}c$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c_{ges}}{m}} = \sqrt{\frac{6 \cdot c}{11 \cdot m}}$$

HS Koblenz
FB Ingenieurwesen
FR Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 07.03.2017

Prüfung Maschinendynamik 07.03.17

zu 4) $\hat{x} = \frac{\Delta m \cdot e}{m} V_3 = \frac{U}{m} V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{\hat{x} \cdot m}{U} = \frac{0{,}0008 \cdot 15}{0{,}009} = 1{,}\bar{3}\ldots$

$$V_3 = \frac{\eta^2}{\eta^2 - 1} \Rightarrow V_3(\eta^2 - 1) = \eta^2 \Rightarrow \eta^2 (V_3 - 1) = V_3 \Rightarrow \eta = \sqrt{\frac{V_3}{V_3 - 1}}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{1{,}\bar{3}\ldots}{1{,}\bar{3}\ldots - 1}} = 2 = \frac{f}{f_0} \Rightarrow \underline{f} = 2 \cdot f_0 = 2 \cdot 20\,Hz = \underline{\underline{40\,Hz}}$$

b) $\hat{F}_{Flieh} = \Delta m \cdot e \cdot \omega^2 = U \cdot \omega^2 = U(2\pi f)^2 = 0{,}009(2 \cdot \pi \cdot 40)^2 N = \underline{\underline{568{,}49\,N}}$

$$\omega_0^2 = \frac{c}{m} \Rightarrow c = m \cdot \omega_0^2 = 15(2\pi \cdot 20)^2 N/m = 236871\,N/m$$

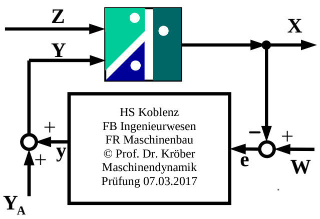
$$c \cdot \hat{x} = 236871 \cdot 0{,}0008\,N = \underline{\underline{189{,}50\,N}}$$

$$m \cdot \hat{\ddot{x}} = m(\hat{x}\omega^2) = 15(0{,}0008\,(2\pi \cdot 40)^2)N = \underline{\underline{757{,}99\,N}}$$

c) $m\ddot{x} = F_{Flieh} \underbrace{\sin \omega t}_{1} - c \cdot x$

$757{,}99\,N = 568{,}49\,N - (-189{,}50\,N)$

↑ in Gegenphase



zu 5) a) $\omega_{01}^2 = \left(\frac{2\pi}{T_{01}}\right)^2 = \frac{m \cdot g \cdot l_s}{J_s + m l_s^2}$ (hier $\Delta m = 0$ in anderer Gleichung)

b) $J_s + m l_s^2 = m \cdot g \cdot l_s \left(\frac{T_{01}}{2\pi}\right)^2$ ‖ $J_s + m l_s^2 + \Delta m a^2 = (m \cdot g \cdot l_s + \Delta m \cdot g \cdot a)\left(\frac{T_{02}}{2\pi}\right)^2$

$J_s = m \cdot g \cdot l_s \left(\frac{T_{01}}{2\pi}\right)^2 - m l_s^2$ ‖ $J_s = (m \cdot g \cdot l_s + \Delta m \cdot g \cdot a)\left(\frac{T_{02}}{2\pi}\right)^2 - m l_s^2 - \Delta m a^2$

jetzt gleichgesetzt:

$$m \cdot g \cdot l_s \left(\frac{T_{01}}{2\pi}\right)^2 - \cancel{m l_s^2} = (m \cdot g \cdot l_s + \Delta m \cdot g \cdot a)\left(\frac{T_{02}}{2\pi}\right)^2 - \cancel{m l_s^2} - \Delta m a^2$$

$$l_s \left[m \cdot g \left(\frac{T_{01}}{2\pi}\right)^2 - m \cdot g \left(\frac{T_{02}}{2\pi}\right)^2\right] = \Delta m \cdot g \cdot a \left(\frac{T_{02}}{2\pi}\right)^2 - \Delta m a^2 \quad \Big| \cdot (2\pi)^2$$

$$\underline{\underline{l_s = \frac{\Delta m \cdot a \left(g \cdot T_{02}^2 - a(2\pi)^2\right)}{m \cdot g \left(T_{01}^2 - T_{02}^2\right)}}}$$

c) $\underline{\underline{J_s = m \cdot l_s \left(g \left(\frac{T_{01}}{2\pi}\right)^2 - l_s\right)}}$

Prüfung Maschinendynamik 07.03.17

zu 6) $\bar{L_p} = 10\cdot\lg \frac{\sum 10^{0,1 L_{pi}}}{n} = 10\cdot\lg \frac{10^{5,2}+10^{5,3}+10^{5,4}+10^{5,3}+10^{5,2}}{5}\, dB(A)$

$= 52,866\, dB(A) \approx 52,9\, dB(A)$

$L_S = 10\cdot\lg\frac{S}{S_0} = 10\cdot\lg\frac{32}{1}\, dB = 15,052\, dB$

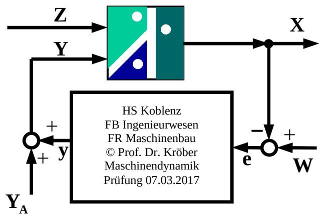
$L_W = \bar{L_p} + L_S = (52,866 + 15,052)\, dB(A) = 67,918\, dB(A) \approx 67,9\, dB(A)$

zu 7, a) $L_p = L_W - 8dB - 20\cdot\lg r = (108 - 8 - 20\cdot\lg 1,8)\, dB(A) = 94,89\, dB(A)$

b) $10^{0,1 L_m}\cdot T_m = 10^{0,1 L_1}\cdot T_1 \Rightarrow T_1 = T_m\cdot 10^{0,1(L_m - L_1)} = 8h\cdot 10^{8,5-9,489}$

$= 0,82h$

c) 3 dB mehr → halbe Zeit also 0,41 h



zu 8, a) $T = 0,163\frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{0,163\cdot V}{T} = \frac{0,163\cdot 500}{0,6}\, m^2 = 135,8\bar{3}...\, m^2$

$r_H = 0,141\sqrt{A} = 0,141\sqrt{135,8\bar{3}...}\, m = 1,643\, m$

b) $1m < r_H = 1,643m < 3m$ (bei r_H „Knick") → Skizze stimmt

c) 1m: $L_p = L_W - 11dB - 20\cdot\lg r = (80 - 11 - 20\cdot\underbrace{\lg 1}_{0})\, dB(A) = 69\, dB(A)$

3m: $L_p = L_W + 6dB - 10\cdot\lg A = (80 + 6 - 10\cdot\lg 135,8\bar{3}..)\, dB(A) = 64,67\, dB(A)$

$\approx 64,7\, dB(A)$

zu 9) $L_{ges} = 10\cdot\lg\left[10^{5,0} + 10^{7,0}\right] dB(A) = 70,043\, dB(A) \approx 70,0\, dB(A)$

zu 10) $L_{200} = (50 + 13 - 10,9)\, dB(A) = 52,1\, dB(A)$

L_{1000} unverändert

$L_{ges} = 10\cdot\lg\left[10^{5,21} + 10^{5,4}\right] dB(A) = 56,163\, dB(A) \approx 56,2\, dB(A)$