

Maschinendynamik WS 17/18  
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

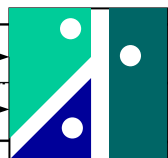
- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : \_\_\_\_\_

Erlaubte Hilfsmittel:

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Maschinendynamik/-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 06.03.2018

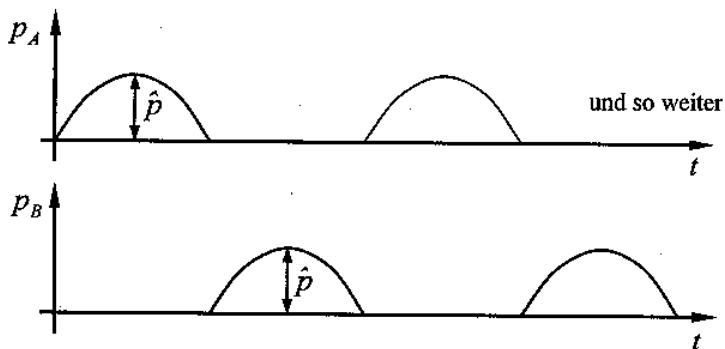
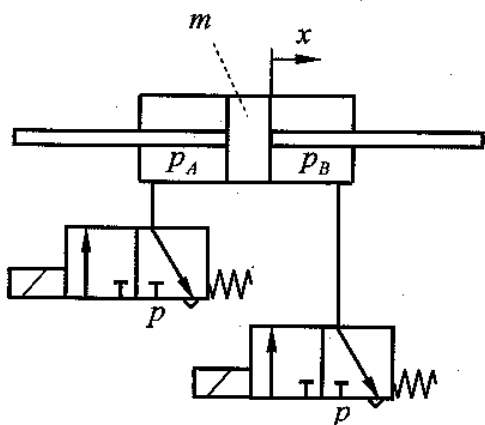
Aufgabe 1 ( 11P )

In einer Bachelor-Arbeit wurde ein pneumatischer Bohrhammer untersucht. Der Bohrhammer ist in der unten stehenden Abbildung dargestellt. Die Ventile zur Druckbeaufschlagung der Zylinderkammern A und B werden zeitlich versetzt so geschaltet, dass sich ein Hin- und Herfahren des Kolbens ergibt. Der Druckzyklus wiederholt sich 9 mal pro Sekunde. Der Druckverlauf wird hier als Sinus angenommen. Der Flächenanteil der Kolbenstange wird vernachlässigt. Der Durchmesser des Kolbens sei d. Bestimmen Sie die Amplitude der Beschleunigung  $\hat{\ddot{x}}$  und die Amplitude des Schwingweges  $\hat{x}$  der Masse m!

Weitere Zahlenwerte:  $\hat{p} = 2 \text{ bar}$ ;  $d = 32 \text{ mm}$ ;  $m = 5 \text{ kg}$

Hilfestellungen:

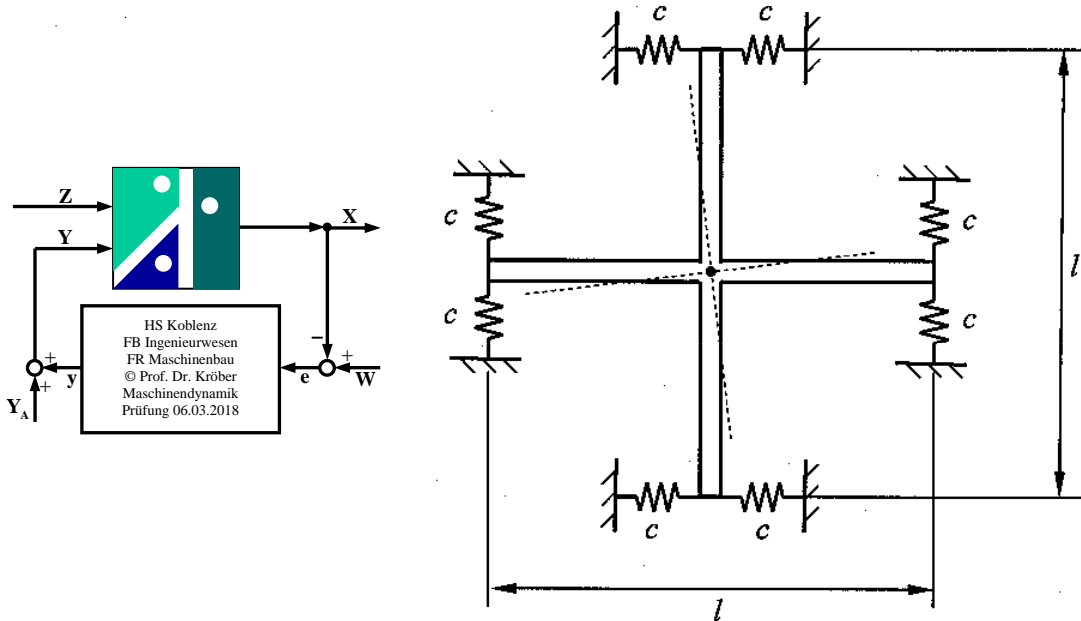
$$m \cdot \ddot{x} = -c \cdot x + \hat{F} \cdot \sin(\omega t) \qquad \hat{\ddot{x}} = \hat{x} \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2$$



Aufgabe 2 ( 9P )

Das abgebildete System besteht aus 2 starren Stäben, die an den Enden mit Federn zentriert werden. Ein einzelner Stab besitzt das Massenträgheitsmoment  $J_{Stab} = 1/12 \cdot m \cdot l^2$ . Die Wirkung der Überlappung der beiden Stäbe in der Mitte wird vernachlässigt. Bestimmen Sie die Eigenkreisfrequenz in Abhängigkeit der gegebenen Größen!  
 Abschlussbetrachtung: Welche der gegebenen Größen geht nicht in das Ergebnis ein?

Geg.:  $m, l, c$

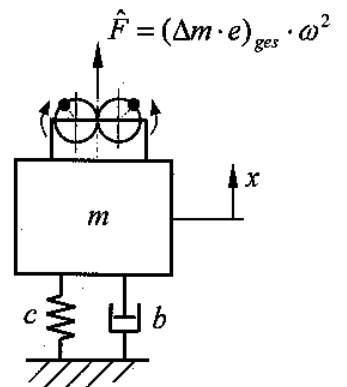


Aufgabe 3 ( 19P )

Eine Maschine ist mit Feder- und Dämpferelementen auf einem Fundament befestigt.

Gegeben:  
 $c = 64000 \text{ N/m}; m = 40 \text{ kg}; b = 160 \text{ N}\cdot\text{s/m}$   
 $\omega = 80 \text{ s}^{-1}; \hat{x} = 1,663 \text{ mm}$

- Bestimmen Sie  $(\Delta m \cdot e)_{ges}$ !
- Wie groß ist der Maximalwert der dynamischen Kraftwirkung auf das Fundament bzw. die Umgebung?



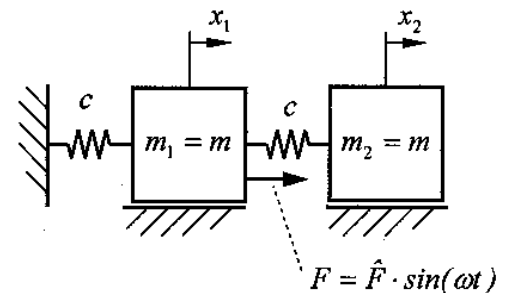
Aufgabe 4 ( 16P )

Der Ausgangspunkt ist das obere System mit zwei Freiheitsgraden. Die Frequenz der anregenden Kraft ist gerade so groß, dass der Tilgungseffekt auftritt und die Amplitude der Masse  $m_1$  gleich Null ist. Reibungseffekte werden vernachlässigt.

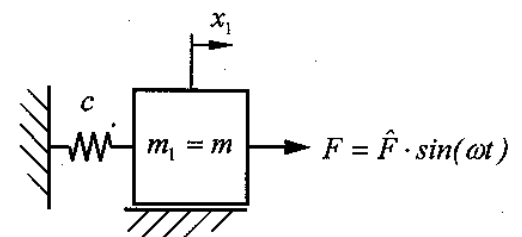
Geg.:  $m = 70 \text{ kg}$ ;  $c = 7000 \text{ N/m}$ ;  $\hat{F} = 700 \text{ N}$

- Wie groß ist dann die Amplitude der Masse  $m_2$ ?
- Bei sonst gleichen Daten (auch Anregungsfrequenz bleibt gleich) wird die Masse  $m_2$  entfernt (unteres System). Welches Ergebnis stellt sich dann als Amplitude für die Masse  $m_1$  ein? Abschlussbetrachtung: Bitte eine Begründung für das Ergebnis angeben!

oberes System:

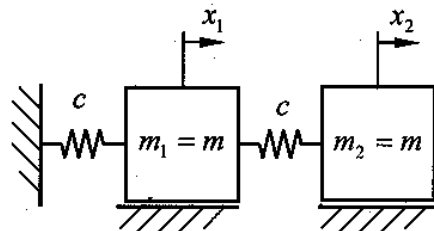


unteres System:



Aufgabe 5 ( 10P )

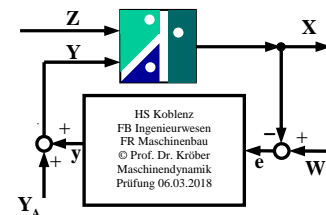
Bestimmen Sie die beiden Eigenfrequenzen des abgebildeten Systems (formelmäßige Lösung, nicht mit den Zahlen aus Aufgabe 4 rechnen)!



Bringen Sie die Ergebnisse auf die Form

$$\omega_{01} = \text{"Zahlenwert 1"} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}} \quad \omega_{02} = \text{"Zahlenwert 2"} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

Der Zahlenwert soll mit 6 Nachkommastellen angegeben werden. Was fällt Ihnen auf?



Aufgabe 6 ( 7P )

Ein reiner Ton von 200 Hz erzeugt einen Schalldruckpegel von 65 dB(A). Bestimmen Sie die Intensität  $I$  in  $[\text{W/m}^2]$  und  $\hat{p}$  in  $[\text{Pa}]$ !

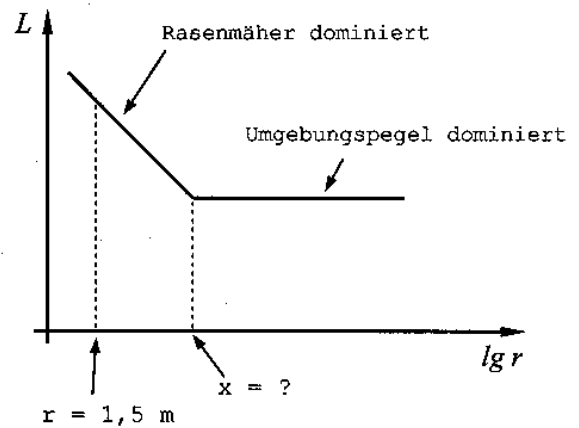
Aufgabe 7 ( 6P )

Ein rechteckiger Raum hat die Maße "Länge mal Breite" = "8 m mal 6 m". Die konstante Höhe beträgt 2,8 m. Der Absorptionsgrad des Bodens sei Null, alle anderen Absorptionsgrade (Decke und Wände) seien  $\alpha = 0,25$ . Bestimmen Sie die Absorptionsfläche, den Hallradius und die Nachhallzeit!

Aufgabe 8 ( 8P )

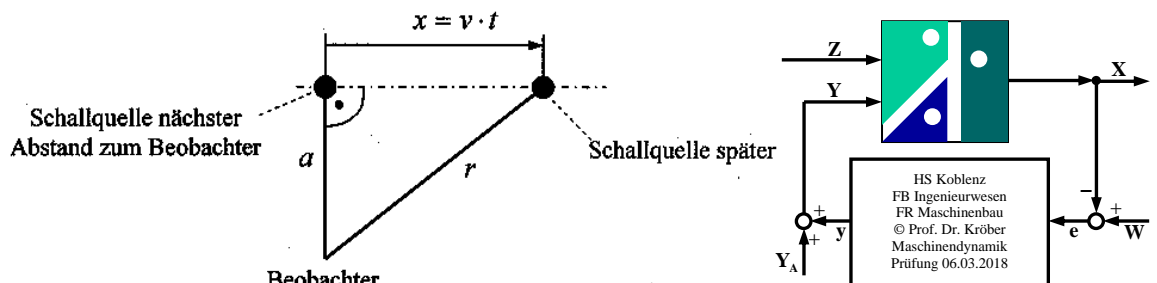
Ein Elektro-Rasenmäher wird im Freien betrieben und erzeugt in einem Abstand von 1,5 m einen Schalldruckpegel von 77 dB(A). Dieser Wert werde vom Umgebungspegel noch nicht beeinflusst. Der Umgebungspegel sei überall konstant und beträgt 45 dB(A). Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.

Die Abnahme des Gesamtpegels vom Abstand  $r$  zum Rasenmäher kann durch nebenstehende Graphik dargestellt werden. Übersteigt der Abstand zum Rasenmäher den Wert  $x$ , dann wird der Rasenmäher irgendwann nicht mehr wahrgenommen. Bestimmen Sie den Abstand  $x$ !



Aufgabe 9 ( 9P )

Eine Schallquelle strahlt ideal kugelförmig Schall ab. Die Schallquelle bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 36 km/h an einem Beobachter vorbei. Der nächste Abstand der Schallquelle zum Beobachter beträgt  $a = 20 \text{ m}$ . Der Maximalwert des Schalldruckpegels beim Beobachter beträgt dann gerade 65 dB(A). Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.



- Bestimmen Sie zunächst den Schalleistungspegel!
- Wie groß ist der Schalldruckpegel beim Beobachter 2 Sekunden nach dem Maximalwert? Hinweis: Die Schallquelle steht dann nicht mehr am nächsten Punkt zum Beobachter.
- Um wie viele Dezibel hat der Schalldruckpegel in den 2 Sekunden abgenommen?

Aufgabe 10 ( 5P )

In einem Ort wird eine Tiefgarage geplant. Für das Öffnen und Schließen der Tiefgarage incl. der Fahrt eines Fahrzeuges wird in einer Messzeit von 60 Sekunden ein  $L_{eq}$  von 70 dB(A) zugrunde gelegt. Wie viele Fahrzeuge dürfen pro Stunde ein bzw. ausfahren, wenn als Grenzwert der Immissionsrichtwert von 60 dB(A) für ein Mischgebiet zugrunde gelegt wird?

# Prüfung Maschinendynamik 06.03.18

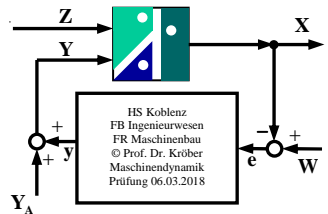
$$m1) \quad \vec{F} = p \cdot A = p \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = 2 \cdot 10^5 \frac{0,032^2 \pi}{4} \text{ N} = 160,85 \text{ N}$$

$$\vec{x} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{160,85 \text{ N}}{5} = 32,17 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{x} = \vec{x} (2\pi f)^2 \rightarrow \vec{x} = \frac{\vec{x}}{(2\pi f)^2} = \frac{32,17}{(2 \cdot \pi \cdot 9)^2} \text{ m} = 10,06 \text{ mm}$$

$$m2) \quad \omega_0^2 = \frac{c_D}{J} = \frac{8 \cdot c \left(\frac{R}{z}\right)^2}{2 \cdot \frac{1}{12} m R^2} = \frac{8 \cdot 12 \cdot c}{4 \cdot 2 \cdot m} = 12 \frac{c}{m}$$

$$\omega_0 = \sqrt{12 \frac{c}{m}} \quad \text{Länge } l \text{ spielt nicht ein.}$$



$$m3, a) \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{64000}{40}} \text{ s}^{-1} = 40 \text{ s}^{-1}; \quad \eta = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{80 \text{ s}^{-1}}{40 \text{ s}^{-1}} = 2$$

$$f = \frac{v}{2\pi m} = \frac{160}{2 \cdot 40} \text{ s}^{-1} = 2 \text{ s}^{-1}; \quad \alpha = \frac{f}{\omega_0} = \frac{2 \text{ s}^{-1}}{40 \text{ s}^{-1}} = 0,05$$

$$\vec{x} = \frac{(\Delta m \cdot e)_{\text{gas}}}{m} V_3 = \frac{(\Delta m \cdot e)_{\text{gas}}}{m} \frac{v^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\alpha\eta)^2}}$$

$$(\Delta m \cdot e)_{\text{gas}} = \vec{x} \cdot m \frac{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\alpha\eta)^2}}{\eta^2} = 1,663 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \frac{\sqrt{(1-2^2)^2 + (2 \cdot 0,05 \cdot 2)^2}}{2^2}$$

$$= 90500007 \text{ kgm} \approx 9050 \text{ kgm} \quad (\text{Bem.: } V_3 = 1,33038)$$

$$b) \quad V_2 = \frac{\vec{F}}{\vec{F}_m} = \frac{\sqrt{1 + (2\alpha\eta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\alpha\eta)^2}} = \frac{\sqrt{1 + (2 \cdot 0,05 \cdot 2)^2}}{\sqrt{(1-2^2)^2 + (2 \cdot 0,05 \cdot 2)^2}} = 0,33918$$

$$\vec{F} = (\Delta m \cdot e)_{\text{gas}} \cdot \omega^2 = 9050 \cdot 80^2 \text{ N} = 320 \text{ N}$$

$$\vec{F}_m = V_2 \cdot \vec{F} = 0,33918 \cdot 320 \text{ N} = 108,5 \text{ N}$$

# Prüfung Maschinendynamik 06.03.18

zu 4)  $\omega^2 = \omega_{\text{tilger}}^2 = \frac{c_2}{m_2} = \frac{c}{m} = \frac{7000}{70} \text{ s}^{-2} \Rightarrow \omega = \omega_{\text{tilger}} = 10 \text{ s}^{-1}$

$$\frac{\ddot{x}_2}{f} = \frac{c}{m^2 \omega^4 - (m c + m^2 c) + c^2} = \frac{c}{m^2 \omega^4 - 3 c m \omega^2 + c^2}$$

$$\ddot{x}_2 = \frac{c}{m^2 \omega^4 - 3 c m \omega^2 + c^2} f = \frac{7000}{70^2 \cdot 10^4 - 3 \cdot 7000 \cdot 70 \cdot 10^2 + 7000^2} \cdot 700 \text{ m}$$

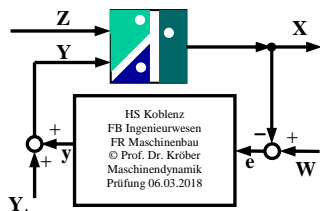
= -910 m (genau). Bem.: Minuszeichen  $\rightarrow$  schwingt in Gegenphase zu  $f$

b) jetzt Einmassenschwinger

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{7000}{70}} \text{ s}^{-1} = 10 \text{ s}^{-1}$$

Erregung in Resonanzfrequenz ( $\omega = \omega_0$ )  $\Rightarrow \dot{x}_1 = \dot{x}$  geht gegen unendlich

zu 5)  $\omega_{\text{Wahl}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right)^2 - \frac{c_1 \cdot c_2}{m_1 m_2}}}$



$$= \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{2c}{m} + \frac{c}{m} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{2c}{m} + \frac{c}{m} \right)^2 - \frac{c^2}{m^2}}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2} \frac{3c}{m} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{3c}{m} \right)^2 - \frac{c^2}{m^2}}} = \sqrt{\frac{3c}{2m} \pm \sqrt{\frac{5c^2}{4m^2}}} = \sqrt{\frac{3 \pm \sqrt{5}}{2}} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

Zahlenwert 1 =  $\sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{2}} = 1,618034$

Zahlenwert 2 =  $\sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{2}} = 0,618034$

} Differenz der Zahlenwerte ist genau 1

zu 6)  $65 \text{ dB(A)} + 10,9 \text{ dB} = 75,9 \text{ dB}$

$$L_p = L_J = 10 \cdot \lg \frac{J}{J_0} \Rightarrow J = J_0 \cdot 10^{91/10} = 10^{-12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \cdot 10^{91,759} = 3,89305 \cdot 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{p_{\text{eff}}}{p_{\text{ref}}} \Rightarrow p_{\text{eff}} = p_{\text{ref}} \cdot 10^{L_p/20} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot 10^{75,9/20} = 9,12475 \text{ Pa}$$

$$\dot{p} = \sqrt{2} \cdot p_{\text{eff}} = \sqrt{2} \cdot 9,12475 \text{ Pa} = 12,87642 \text{ Pa}$$

# Prüfung Maschinendynamik 06.03.18

2m7)  $A = \alpha \cdot S = 0,25 \cdot (8 \cdot 6 + 8 \cdot 2,8 \cdot 2 + 6 \cdot 2,8 \cdot 2) \text{ m}^2 = \underline{\underline{31,6 \text{ m}^2}}$

$r_{H+} = 0,141 \sqrt{A} = 0,141 \sqrt{31,6} \text{ m} = \underline{\underline{0,7926 \text{ m}}}$

$T = 0,163 \cdot \frac{V}{A} = 0,163 \cdot \frac{8 \cdot 6 \cdot 2,8}{31,6} \text{ s} = \underline{\underline{0,6935}}$  (Bem.:  $V = 1344 \text{ m}^3$ )

2m8)  $L_p = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r$

$L_w = L_p + 8 \text{ dB} + 20 \cdot \lg r = (77 + 8 + 20 \cdot \lg 1,5) \text{ dB(A)} = \underline{\underline{88,5218 \text{ dB(A)}}$

$20 \cdot \lg r = L_w - L_p - 8 \text{ dB}$

$r = x = 10^{\frac{L_w - L_p - 8 \text{ dB}}{20}} = 10^{\frac{88,5218 - 48 - 8}{20}} \text{ m} = \underline{\underline{59,72 \text{ m}}}$

2m9)  $L_w = L_p + 8 \text{ dB} + 20 \cdot \lg r = (65 + 8 + 20 \cdot \lg 20) \text{ dB(A)} = \underline{\underline{99,021 \text{ dB(A)}}$

$x = v \cdot t = \frac{36}{3,6} \cdot 2 \text{ m} = 20 \text{ m} \quad \approx \underline{\underline{99,0 \text{ dB(A)}}$

$r = \sqrt{20^2 + 20^2} \text{ m} = \sqrt{2} \cdot 20 \text{ m}$

$L_p = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r = [99,021 - 8 - 20 \cdot \lg(\sqrt{2} \cdot 20)] \text{ dB(A)}$

$= 61,9901 \text{ dB(A)} \approx \underline{\underline{62,0 \text{ dB(A)}}$

Abnahme =  $\Delta L = 65,0 \text{ dB(A)} - 62,0 \text{ dB(A)} = \underline{\underline{3,0 \text{ dB(A)}}$

2m10)  $L_{eq} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{60 \text{ min}} \cdot 10^{91 \cdot L_1} \cdot T_1 \cdot n \right]$

$10^{91 \cdot L_{eq}} \cdot 60 \text{ min} = 10^{91 \cdot L_1} \cdot T_1 \cdot n$

$n = \frac{10^{91 \cdot L_{eq}} \cdot 60 \text{ min}}{10^{91 \cdot L_1} \cdot T_1} = \frac{10^{91 \cdot 60} \cdot 60 \text{ min}}{10^{91 \cdot 70} \cdot 1 \text{ min}} = \underline{\underline{6}}$  (Fahrzeuge)

