

Umdruck 01 zur Übung der Vorlesung „Technische Akustik und Lärmbekämpfung“ im WS 14/15

1. Aufgabe

- 1.1. In einem luftgefüllten Raum wirken 4 Schallquellen mit nachfolgenden Schalldruck- bzw. Schallintensitätspegeln:

$$L_{p,1} = 60\text{dB}, L_{p,2} = 62\text{dB}, L_{p,3} = 57\text{dB}, L_{p,4} = 75\text{dB}$$

$$L_{I,1} = 60\text{dB}, L_{I,2} = 62\text{dB}, L_{I,3} = 57\text{dB}, L_{I,4} = 75\text{dB}$$

Berechnen Sie den „Gesamtpegel“ unter der Annahme, dass

- die Schalle von 4 nebeneinander angeordneten Tieftönern mit derselben Ansteuerung stammen und die Aufnahme in großer Entfernung (ohne Raumreflexionen) stattfindet, oder
- die Schalle von 4 unterschiedlichen Schallquellen stammen.

Eine Berechnung ohne Taschenrechner ist in beiden Fällen möglich.

a) Kohärenz: Schalldruckaddition

$$\begin{aligned} L_{p1} - L_{p3} &= 3\text{dB} \rightarrow \Delta L_{p13} \approx 5\text{dB} \\ (L_{p1} + \Delta L_{p13}) - L_{p2} &= (60 + 5) - 62 = 3\text{dB} \\ &\rightarrow \Delta L_{p123} \approx 5\text{dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{p4} - (L_{p1} + \Delta L_{p13} + \Delta L_{p123}) &= \\ 75\text{dB} - (60 + 5 + 5)\text{dB} &= 5\text{dB} \\ \Delta L_{p1234} &\approx 4\text{dB} \end{aligned}$$

$$\rightarrow L_{p\text{ges}} \approx 75 + 4 = 79\text{dB}$$

b) Inkohärenz: Schallintensitätsaddition

$$\begin{aligned} L_{I1} - L_{I3} &= 3\text{dB} \rightarrow \Delta L_{I13} = 2\text{dB} \\ (L_{I1} + \Delta L_{I13}) - L_{I2} &= 0\text{dB} \rightarrow \Delta L_{I123} = 3\text{dB} \\ L_{I4} - (L_{I1} + \Delta L_{I13} + \Delta L_{I123}) &= 10\text{dB} \quad \Delta L_{I1234} = 0\text{dB} \\ &\rightarrow L_{I\text{ges}} = 75\text{dB} // \end{aligned}$$

Diese und die nachfolgenden Seite (1-3) dürfen nur im Rahmen der Lehrveranstaltung „Technische Akustik und Lärmbekämpfung“ an der TUM im WS 14/15 genutzt werden. Vervielfältigung und Weitergabe an Personen außerhalb des Kurses sind nicht gestattet.

- 1.2. Nun werden in den vorgenannten Situationen die beiden Schallquellen mit 60 dB und ~~45~~⁵⁷ dB abgeschaltet. Berechnen Sie den verbleibenden „Gesamtpegel“ für die beiden Situationen.

Kohärenz: Differenz von 13 dB

$$\rightarrow \Delta L_p = +2 \text{ dB}$$

$$\rightarrow L_{p \text{ ges}} = 77 \text{ dB}$$

Inkohärenz: $L_{I \text{ ges}} = 75 \text{ dB}$, da Pegeldifferenz „immer noch“ $> 9 \text{ dB}$

- 1.3. Welche Schlussfolgerung kann man aus den Ergebnissen bzgl. der Addition von Schallen ziehen?

Inkohärente Schalle: bei mehr als 9 dB Pegelunterschied leistet der geringere Schallintensitätspegel keinen „Beitrag“.
 \rightarrow höherer Pegel gleich Gesamtpegel.

2. Aufgabe

- 2.1. An einem Immissionsort in einem Industriegebiet herrscht bereits ein A-bewerteter Schalldruckpegel von 60 dB(A) aus einem Schalleintrag einer benachbarten Fabrik. Nun soll in 50 m Entfernung zum Immissionsort eine Pumpe installiert werden. Welchen Schalldruckpegel darf die Pumpe am Immissionsort höchstens erzeugen, damit der Gesamtschalldruckpegel die Grenze nach der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm)“ von 70 dB(A) für Industriegebiete tagsüber (6 bis 22 Uhr) nicht überschreitet? (Übernommen und abgewandelt von: Möser, M. (2012). Technische Akustik, Springer Verlag, S. 15)

$\Delta L_I = 10 \text{ dB(A)}$, der geringere Pegel leistet keinen Beitrag

$$L_{I \text{ Pumpe, Immissionsort}} = 70 \text{ dB(A)}$$

Hinweis: A-bewerteter Schallintensitätspegel ist frequenzabhängig, keine direkte Umrechnung in dB SPL (sound pressure level) möglich

- 2.2. Wie groß ist der A-bewertete Schallintensitätspegel 3m entfernt von der Pumpe unter der Annahme, dass der Einfluss der Fabrik an diesem Ort vernachlässigt werden kann?

Schallintensitäten : „ $\frac{1}{r^2}$ - Entfernungsgesetz “

Schalldrücke : „ $\frac{1}{r}$ - Entfernungsgesetz “

$$\frac{I_3}{I_{50}} = \frac{\frac{1}{r_3^2}}{\frac{1}{r_{50}^2}} = \frac{r_{50}^2}{r_3^2}$$

$$L_{I50} = 10 \log \left(\frac{I_{50}}{I_0} \right) \quad I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

$$\rightarrow I_{50} = 10^{\frac{L_{I50}}{10}} \cdot I_0 = 8.9125 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2}$$

$$I_3 = \frac{r_{50}^2}{r_3^2} \cdot I_{50} = \frac{50^2}{3^2} \cdot I_0 = 0.0248 \frac{W}{m^2}$$

$$L_{I3} = 10 \log \left(\frac{I_3}{I_0} \right) = 94 \text{ dB(A)}$$

Berechnung über Schalleistung der Pumpe:

Halbkugeloberfläche: $S = \frac{1}{2} \cdot 4 \pi r^2$

$$S_{50} = 15708 \text{ m}^2 \quad S_3 = 56.5 \text{ m}^2$$

$$P = I \cdot S = I_{50} \cdot S_{50} = 0.14 \text{ W}$$

$$I_3 = \frac{P}{S_3} = \frac{0.14 \text{ W}}{56.5 \text{ m}^2} = 0.0248 \frac{W}{m^2} \text{ (s.o.)}$$

3. Aufgabe (zur nächsten Übung)

- 3.1. Erklären Sie in der nächsten Übung in einfachen und möglichst wenigen Schritten, wie man ohne Hilfe des Taschenrechners den Schalldruckpegel eines 1kHz Sinustons mit einem Schalldruck von 1 Pa angeben kann.
- 3.2. Unter welchen Bedingungen ergeben Schalldruckpegel dieselben Werte wie Schallintensitätspegel (Hinweis: Zusammenhang zwischen Schallschnelle und Schalldruck!)?