

Lärm und Dezibel

Der Fall

Eine Betriebsärztin misst in einer Werkhalle den Lärm: Eine einzelne Maschine erzeugt am Arbeitsplatz einen Schallpegel von **85 dB**. Der obere Auslösewert der Lärmschutzverordnung liegt bei einem Tages-Lärmexpositionspegel von 85 dB(A); ab da ist Gehörschutz zu benutzen. In der Halle laufen aber oft mehrere Maschinen gleichzeitig, und der angebotene Gehörschutz senkt den Pegel um **20 dB**.

Der Schallintensitätspegel ist logarithmisch definiert: $L = 10 \cdot \lg(I / I_0)$ in Dezibel (dB), mit der Bezugsintensität $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ (etwa die Hörschwelle). Zehnfache Intensität bedeutet +10 dB, hundertfache +20 dB, doppelte etwa +3 dB ($\lg 2 \approx 0,3$).

1 Faktor und Dezibel

Verstehen · 4 Punkte

Ergänze die Tabelle. Ein Faktor bezieht sich auf die Intensität I .

Intensität wird ...	Faktor	Pegeländerung
verdoppelt	2	
verzehnfacht	10	
verhundertfacht		+20 dB
halbiert	0,5	
auf ein Tausendstel gesenkt		

2 Mehrere Maschinen und Gehörschutz

Rechnen · 4 Punkte

a) Welcher Pegel entsteht, wenn zwei gleich laute Maschinen (je 85 dB) laufen? Welcher bei zehn? b) Ein Mitarbeiter trägt bei zehn laufenden Maschinen Gehörschutz (-20 dB). Welcher Pegel erreicht sein Ohr, und auf welchen Bruchteil sinkt die Intensität? Ohne Taschenrechner.

3 TMSnat-Training: Multiple Choice

eigene Übungsaufgabe · Richtwert 90 Sekunden · ohne Taschenrechner · 2 Punkte

Ein Messgerät zeigt, dass sich die Druckamplitude einer Schallquelle verdoppelt hat. Die Intensität ist proportional zum Quadrat der Druckamplitude. Um wie viel ändert sich der Schallpegel?

- (A) +3 dB (B) +4 dB (C) +6 dB
(D) +10 dB (E) +20 dB

4 Abstand und Dämmung

Transfer · 5 Punkte

Idealisierte Rechnung: Es gelten die angegebenen Pegeländerungen; reale Dämmung hängt unter anderem von Frequenz und Sitz des Gehörschutzes ab. a) Eine Maschine wird als punktförmige Schallquelle ohne Reflexionen angenommen; ihre Intensität nimmt mit $1/r^2$ ab. Um wie viel sinkt der Pegel, wenn man den Abstand verdoppelt? b) Eine Trennwand dämmt um 10 dB, der Gehörschutz zusätzlich um 20 dB. Wie groß ist die Gesamtdämmung in dB, und auf welchen Bruchteil sinkt die Intensität? Was wird addiert, was multipliziert?

LÖSUNGEN · LÄRM UND DEZIBEL

Lösungen und Lösungswege

1 Faktor und Dezibel

Intensität wird ...	Faktor	Pegeländerung
verdoppelt	2	+3 dB ($10 \cdot \lg 2 \approx 3$)
verzehnfacht	10	+10 dB
verhundertfacht	100	+20 dB
halbiert	0,5	-3 dB
auf ein Tausendstel gesenkt	0,001	-30 dB

Typische Fehler: „doppelte Intensität = doppelter Pegel“; „zehnfache Intensität = +100 %“. Dezibel sind keine Prozentwerte, sondern Zehnerpotenzen.

2 Mehrere Maschinen und Gehörschutz

a) Zwei unabhängige Quellen verdoppeln die Intensität: $85 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = \mathbf{88 \text{ dB}}$, nicht 170 dB. Zehn Maschinen: zehnfache Intensität, $85 + 10 = \mathbf{95 \text{ dB}}$.

b) $95 \text{ dB} - 20 \text{ dB} = \mathbf{75 \text{ dB}}$. Eine Senkung um 20 dB bedeutet den Faktor 10^{-2} : Die Intensität sinkt auf **ein Hundertstel**. Für das Ohr ist das deutlich leiser, aber nicht „hundertmal leiser“ im Empfinden; das Gehör arbeitet selbst näherungsweise logarithmisch.

Typischer Fehler: Pegel addieren ($85 + 85 = 170 \text{ dB}$). Addiert werden Intensitäten, die Pegel folgen über den Logarithmus.

3 TMSnat-Training: Multiple Choice

Richtig ist (C) +6 dB. Doppelte Druckamplitude $\rightarrow$ vierfache Intensität ($I \propto p^2$) $\rightarrow 10 \cdot \lg 4 = 10 \cdot 2 \cdot \lg 2 \approx \mathbf{6 \text{ dB}}$.

Gleichwertig: Für den Schalldruck gilt $L = 20 \cdot \lg (p/p_0)$, und $20 \cdot \lg 2 \approx 6$.

- (A) +3 dB gilt für doppelte *Intensität*, nicht für doppelten Druck.
- (B) +4 dB liest den Intensitätsfaktor 4 direkt als Dezibel, ohne Logarithmus.
- (D) +10 dB gilt für zehnfache Intensität.
- (E) +20 dB gilt für hundertfache Intensität bzw. zehnfachen Druck.

Der Test liefert die Beziehung $I \propto p^2$ in der Aufgabe mit; man muss sie anwenden, nicht wissen.

4 Abstand und Dämmung

a) Doppelter Abstand $\rightarrow$ Intensität auf ein Viertel $\rightarrow 10 \cdot \lg (1/4) = -10 \cdot \lg 4 \approx \mathbf{-6 \text{ dB}}$.

b) Dämpfungen **in dB werden addiert**: $10 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = \mathbf{30 \text{ dB}}$. Die zugehörigen **Intensitätsfaktoren werden multipliziert**: $1/10 \cdot 1/100 = \mathbf{1/1000}$. Beides sagt dasselbe, denn der Logarithmus macht aus einem Produkt eine Summe.

Typische Fehler: „doppelter Abstand $\rightarrow -3 \text{ dB}$ “ (das wäre halbe Intensität); Dezibel-Werte multiplizieren.

Quellen und Lehrplanbezug

- OpenStax, College Physics 2e, Kap. 17.3 „Sound Intensity and Sound Level“: Pegeldefinition, Beispiel 17.3, Gl. 17.11 ($I \propto \Delta p^2$) (CC BY 4.0): <https://openstax.org/books/college-physics-2e/pages/17-3-sound-intensity-and-sound-level>
- OpenStax, College Physics 2e, Kap. 17.6 „Hearing“: Pegel und Hörempfinden: <https://openstax.org/books/college-physics-2e/pages/17-6-hearing>
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) § 6, Auslösewerte: https://www.gesetze-im-internet.de/l_rmvibrationsarbschv/_6.html
- KMK-Bildungsstandards Physik (2020) und Mathematik (2012) für die Allgemeine Hochschulreife: Wellen; Logarithmusfunktion: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf
- Weitere Übungsfragen zum Thema: tmsnat-trainer.de/tmsnat/physik