

Formelsammlung Akustik

Im Folgenden sind die wichtigsten Formeln und mathematischen Grundlagen für Messung, Berechnung und Beurteilung von Geräuschquellen im Immissionsschutz aufgeführt.

1 Logarithmus

$$x = 10^y \quad \text{Umkehrfunktion: } y = \log(x) \qquad \log(a \cdot b) = \log(a) + \log(b)$$

$$10^{(\log x)} = \lg(10^x) \qquad \log(a/b) = \log(a) - \log(b)$$

$$\log_{10}(x) = \lg(x) \qquad \log(a^x) = x \cdot \log(a)$$

2 Schalldruckpegel – Definition

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0} \text{ dB}$$

L_p :	Schalldruckpegel in dB
p :	Gemessener Schalldruck in Pa
p_0 :	Bezugsschalldruck – $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ bzw. p_a = Hörschwelle bei 1000Hz in Pa

3 Schalleistungspegel – Definition

$$L_{wp} = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0} \text{ dB}$$

L_{WAeq} :	Schalleistungspegel in dB
P :	Gemessene Schalleistung in W
P_0 :	Bezugsschalleistung – $1 \cdot 10^{-12} \text{ W}$ = Hörschwelle bei 1000Hz in W

4 Schalleistungspegel / Schalleistung

$$W = 10 \cdot \lg 10^{0,1 \cdot L_{wp}} \text{ dB}$$

W :	Schalleistung in W
L_W :	Schalleistungspegel in dB

5 Schalldruckpegel / Schalldruck

$$p = 10^{0,1 \cdot L_p} \text{ Pa}$$

p : Schalldruck in Pa
 L_p : Schalldruckpegel in dB

6 Schalldruckpegel – Addition/Subtraktion

$$L_{p,ges} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{(0,1 \cdot L_{p,i})} \right) \text{ dB}$$

n : Anzahl der Schallquellen
 $L_{p,i}$: Schalldruckpegel der i-ten Schallquelle in dB

Diese Formel wird auch zur Addition der Pegel kurzzeitiger Geräuschspitzen angewendet (siehe TA Lärm A.2.3.5)

Überschlägige Berechnungen mit folgenden Tabellen:

Summenpegel mehrerer gleichlauter Schallquellen

Anzahl Schallquellen	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pegelerhöhung (dB)	3,0	4,8	6,0	7,0	7,8	8,5	9,0	9,5	10,0	10,4	10,8

Summenpegel mehrerer unterschiedlich lauter Schallquellen

Pegeldifferenz zweier Schallquellen (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Pegelerhöhung der lauterer Schallquelle (dB)	3,0	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,1	0,0

Merke: Verdoppelung der Schallenergie führt zu einer Pegelerhöhung um 3 dB

7 Korrekturwert für die Einwirkdauer

$$D_T = 10 \cdot \lg \frac{t_i}{T_R} \text{ dB}$$

D_T : Korrekturwert in dB
 t_i : Einwirkdauer der Schallquelle in min
 T_R : Beurteilungszeit in min

8 Mittelung von Schallpegeln

$$L_m = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{(0,1 \cdot L_{p,i})} \right) \text{ dB}$$

- L_m : Mittlerer Schalldruckpegel in dB
 $L_{p,i}$: Schalldruckpegel der i-ten Schallquelle in dB
 n : Anzahl der Schallquellen

9 Vor- Zusatz- und Gesamtbelastung

$$L_G = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot L_V} + 10^{0,1 \cdot L_Z}) \text{ dB}$$

- L_G : Schallpegel der Gesamtbelastung in dB
 L_V : Schallpegel der Vorbelastung in dB
 L_Z : Schallpegel der Zusatzbelastung in dB

10 Zuschlag für Impulshaltigkeit

$$K_{I,j} = L_{AFTeq,j} - L_{Aeq,j} \text{ dB}$$

- $K_{I,j}$: Zuschlag für Impulshaltigkeit in der Teilzeit T_j in dB
 L_{AFTeq} : Gemittelter Taktmaximalpegel in der Teilzeit T_j in dB
 $L_{Aeq,j}$: A-bewerteter Mittelungspegel in der Teilzeit T_j in dB

11 Beurteilungspegel

$$L_r = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_r} \sum_{j=1}^n T_j \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,j} - C_{met} + K_{T,j} + K_{I,j} + K_{R,j})} \right] \text{ dB} \quad T_r = \sum_{j=1}^n T_j$$

- L_r : Beurteilungspegel in dB
 T_r : Tags 16; nachts 1 volle Stunde in Std
 T_j : Teilzeit i in Std
 n : Anzahl der gewählten Teilzeiten
 $L_{Aeq,j}$: Mittelungspegel während der Teilzeit T_j in dB
 C_{met} : Meteorologische Korrektur in dB
 $K_{T,j}$: Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit in der Teilzeit T_j in dB
 $K_{I,j}$: Zuschlag für Impulshaltigkeit in der Teilzeit T_j in dB
 $K_{R,j}$: Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit in der Teilzeit T_j in dB

Merke: Bei Halbierung der Einwirkdauer reduziert sich der Beurteilungspegel um 3 dB

12 Pegeländerung durch Abstandsänderung – Punktschallquellen

$$\Delta L = 20 \cdot \lg\left(\frac{r_1}{r_2}\right) \text{ dB} \qquad L_{p2} = L_{p1} + \Delta L$$

- ΔL : Differenz Beurteilungspegel in dB
 r_1 : ursprünglicher Abstand zur Schallquelle in m
 r_2 : neuer Abstand zur Schallquelle in m
 L_{p1} : Schalldruckpegel im Abstand r_1 in dB
 L_{p2} : Schalldruckpegel im Abstand r_2 in dB

Merke: Abstandsverdoppelung bedeutet Pegelabnahme um 6 dB

13 Pegeländerung durch Abstandsänderung – Linien-schallquellen

$$\Delta L_p = 10 \cdot \lg\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \text{ dB} \qquad L_{p2} = L_{p1} - 10 \cdot \lg\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \text{ dB}$$

- ΔL : Differenz Beurteilungspegel in dB
 r_1 : ursprünglicher Abstand zur Schallquelle in m
 r_2 : neuer Abstand zur Schallquelle in m
 L_{p1} : Schalldruckpegel im Abstand r_1 in dB
 L_{p2} : Schalldruckpegel im Abstand r_2 in dB

14 Berechnung Schalleistung/Schalldruckpegel

$$L_s = L_{WAeq} - \left(20 \cdot \lg \frac{s_m}{1 \text{ m}} + 11\right) \text{ dB(A)} + K_0 + DI$$

$$L_{WAeq} = L_s + \left(20 \cdot \lg \frac{s_m}{1 \text{ m}} + 11\right) \text{ dB(A)} - K_0 - DI$$

- L_{WAeq} : Schalleistungspegel der Schallquelle in dB(A)
 $L_{Aeq}(s_m)$: Schalldruckpegel in der Entfernung s_m in dB(A)
 s_m : Abstand zur Schallquelle in m
Mit: K_0 = Raumwinkelmaß nach VDI 2714 Abschnitt 5.2 Tabelle 2
 $K_0 = 0 \text{ dB}$ Quelle ist frei im Raum, hoch über dem Boden
 $K_0 = 3 \text{ dB}$ Quelle ist unmittelbar vor oder auf stark reflektierender Fläche
 $K_0 = 6 \text{ dB}$ Quelle ist vor zwei senkrecht aufeinander stehenden Flächen
 $K_0 = 9 \text{ dB}$ Quelle ist vor drei senkrecht aufeinander stehenden Flächen
Mit: DI = Richtwirkungsmaß nach VDI 2714 Abschnitt 5.1 bei schallabstrahlenden Gebäudeflächen – nur bei Eigenabschirmung durch das Gebäude

Siehe auch: Überschlägige Schallausbreitungsrechnung TA Lärm A.2.4.3 (G4)

15 Punktschallquelle in äquivalente Linierschallquelle

$$L'_{WAeq} = L_{WAeq} - \left(10 \cdot \lg \frac{l}{1m}\right) dB$$

- L'_{WAeq} : Schalleistung der Linierschallquelle in dB(A)/m
 L_{WAeq} : Schalleistung der Schallquelle in dB(A)
 l : Länge der Linierschallquelle in m

16 Punktschallquelle in äquivalente Flächenschallquelle

$$L''_{WAeq} = L_{WAeq} - \left(10 \cdot \lg \frac{A}{1m^2}\right) dB$$

- L''_{WAeq} : Schalleistung der Linierschallquelle in dB(A)/m²
 L_{WAeq} : Schalleistung der Schallquelle in dB(A)
 A : Fläche der Flächenschallquelle in m²

17 Berechnung von Raummoden

$$\lambda_i = 2 \cdot l_i$$

$$f_i = \frac{c}{(2 \cdot l_i)}$$

- λ_i : Wellenlänge der Raummode i in m
 f_i : Frequenz der Raummode i in Hz
 l_i : Raumkantenlänge i in m
 c : Schallgeschwindigkeit in m/s = 343 m/s bei Standardbedingungen

18 Oktaven und Terzen Mittenfrequenzen

Oktav-Mittenfrequenz Hz	Untere Grenzfrequenz Hz	Obere Grenzfrequenz Hz
31,5	22,5	45
63	45	90
125	90	180
250	180	355
500	355	710
1000	710	1400
2000	1400	2800
4000	2800	5600
8000	5600	11200
16000	11200	22400

Terzmittenfrequenz Hz	Untere Grenzfrequenz Hz	Obere Grenzfrequenz Hz
31,5	28	35,5
40	35,5	45
50	45	56
63	56	71
80	71	90
100	90	112
125	112	140
160	140	180
200	180	224
250	224	280
315	280	355
400	355	450
500	450	560
630	560	710
800	710	890
1000	890	1120
1250	1120	1410
1600	1410	1800
2000	1800	2240
2500	2240	2800
3150	2800	3550
4000	3550	4500
5000	4500	5600
6300	5600	7100
8000	7100	9000
10000	9000	11200

19 Korrekturwerte für Filterkurven Linear, A, B und C

Terz-Mitten-Frequenz	Linear	A-Filter	B-Filter	C-Filter
10	0	-70,4	-38,2	-14,3
13	0	-63,4	-33,2	-11,2
16	0	-56,7	-28,5	-8,5
20	0	-50,5	-24,2	-6,2
25	0	-44,7	-20,4	-4,4
32	0	-39,4	-17,1	-3,0
40	0	-34,6	-14,2	-2,0
50	0	-30,2	-11,6	-1,3
63	0	-26,2	-9,3	-0,8
80	0	-22,5	-7,4	-0,5
100	0	-19,1	-5,6	-0,2
125	0	-16,1	-4,2	-0,1
160	0	-13,4	-3,0	0,0
200	0	-10,9	-2,0	0,0
250	0	-8,6	-1,3	0,0
315	0	-6,6	-0,8	0,0
400	0	-4,8	-0,5	0,0
500	0	-3,2	-0,3	0,0
630	0	-1,9	-0,1	0,0
800	0	-0,8	0,0	0,0
1.000	0	0,0	0,0	0,0
1.250	0	0,6	0,0	0,0
1.600	0	1,0	0,0	-0,1
2.000	0	1,2	-0,1	-0,2
2.500	0	1,3	-0,2	-0,3
3.150	0	1,2	-0,4	-0,5
4.000	0	1,0	-0,7	0,8
5.000	0	0,5	-1,2	-1,3
6.300	0	-0,1	-1,9	-2,0
8.000	0	-1,1	-2,9	-3,0
10.000	0	-2,5	-4,3	-4,4
12.500	0	-4,3	-6,1	-6,2
16.000	0	-6,6	-8,4	-8,5
20.000	0	-9,3	-11,1	-11,2

BEARBEITUNG

Leonhard Fock

Referat 34 – Technischer Arbeitsschutz, Lärmschutz

Telefon: 0721 / 5600-0

Telefax: 0721 / 5600-2339

E-Mail: laerm@lubw.bwl.de

STAND

21. November 2024