

Formelsammlung Akustik

Mathematische Grundlagen

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

1. LOGARITHMUS

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

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

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

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_{wp} : Schalleistungspegel in dB
 P : Gemessene Schalleistung in W
 P_0 : Bezugsschalleistung – $1 \cdot 10^{-12} \text{ W}$ = Hörschwelle bei 100 Hz in W



4. SCHALLEISTUNGSPEGEL / SCHALLEISTUNG

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

W : Schalleistung in W

L_{wp} : Schalleistungspegel in dB

5. SCHALLDRUCKPEGEL / SCHALLDRUCK

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

p : Schalldruck in Pa

L_p : Schalldruckpegel in dB

6. SCHALLDRUCKPEGEL – ADDITION / SUBTRAKTION

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

$L_{p,ges}$: Resultierender Schalldruckpegel

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)

Tabelle 6.1: Überschlägige Berechnung von Summenpegeln mehrerer gleich lauter 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



Tabelle 6.2: Überschlägige Berechnung von Summenpegeln mehrerer unterschiedlich lauter Schallquellen

Pegeldifferenz zweier Schallquellen (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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



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
 $L_{AFTeq,j}$: 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

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

- ΔL : Pegeldifferenz 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 – LINIENSCHALLQUELLEN

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

- ΔL : Pegeldifferenz 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

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

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

- 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 – ÄQUIVALENTE LINIENSCHALLQUELLE

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

L'_{WAeq} : Schalleistung der Linienschallquelle in dB(A)/m

L_{WAeq} : Schalleistung der Schallquelle in dB(A)

l : Länge der Linienschallquelle in m

16. PUNKTSCHALLQUELLE – ÄQUIVALENTE FLÄCHENSCHALLQUELLE

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

L''_{WAeq} : Schalleistung der Flächenschallquelle in dB(A)/m²

L_{WAeq} : Schalleistung der Schallquelle in dB(A)

A : Fläche der Flächenschallquelle in m²

17. BERECHNUNG VON RAUMMODEN

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

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. MITTENFREQUENZEN VON OKTAVEN UND TERZEN

Tabelle 18.1: Mittenfrequenzen von Oktaven

Oktav-Mittenfrequenz in Hz	Untere Grenzfrequenz in Hz	Obere Grenzfrequenz in Hz
31,5	22,5	45
63	45	90
125	90	180
250	180	355
500	355	710
1 000	710	1 400
2 000	1 400	2 800
4 000	2 800	5 600
8 000	5 600	11 200
16 000	11 200	22 400



Tabelle 18.2: Mittenfrequenzen von Terzen

Terz-Mittenfrequenzen in Hz	Untere Grenzfrequenz in Hz	Obere Grenzfrequenz in 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
1 000	890	1 120
1 250	1 120	1 410
1 600	1 410	1 800
2 000	1 800	2 240
2 500	2 240	2 800
3 150	2 800	3 550
4 000	3 550	4 500
5 000	4 500	5 600
6 300	5 600	7 100
8 000	7 100	9 000
10 000	9 000	11 200



19. KORREKTURWERTE FÜR FILTERKURVEN LINEAR, A, B UND C

Tabelle 19.1: Korrekturwerte für Filterkurven Linear, A, B und C

Terz-Mittenfrequenzen in Hz	Korrekturwerte Filterkurven in dB			
	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	-16,2	-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

IMPRESSUM

HERAUSGEBER LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.de

**BEARBEITUNG UND
REDAKTION** Leonhard Fock
Referat 34 – Technischer Arbeitsschutz, Lärmschutz
Telefon: 0721/5600-0
Telefax: 0721/5600-2339
E-Mail: laerm@lubw.bwl.de

BEZUG pd.lubw.de/10108

STAND April 2020

Der Nachdruck ist mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung eines Belegexemplars gestattet.