

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/15f77492-a891-307f-ae0b-40a449800bf2>

Bibliografie

Titel	Lärm am Arbeitsplatz (DGUV Information 209-023)
Amtliche Abkürzung	DGUV Information 209-023
Normtyp	Satzung
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	[keine Angabe]

Abschnitt 3.5 - 3.5 Rechnen mit Schallpegeln

Schon während der Geräuschmessung mit einem nicht integrierenden Schallpegelmesser stellt sich die Frage, wie Momentanwerte zu äquivalenten Dauerschallpegeln zusammengefasst werden und welchen Einfluss Störgeräusche auf den Gesamtschallpegel haben.

Gleichermaßen können Lärminderungen in der Regel nur begonnen und beurteilt werden, wenn die Pegeladdition geläufig ist. Komplizierte Rechnungen sind meistens nicht erforderlich, oftmals reichen "Rezepte" zur Lösung der Aufgabenstellung aus.

3.5.1

Mittelung von Schallpegeln

Schallpegel werden nach DIN 45641 gemittelt. Sie lassen sich einfach mitteln, wenn die Schwankungsbreite des Geräusches nicht mehr als 10 dB beträgt und der Pegelverlauf im Schwankungsbereich statistisch gleichmäßig verteilt ist.

1. Schwankungsbereich bis zu 5 dB:

Für Schallvorgänge mit Pegelschwankungen bis zu etwa 5 dB kann im Allgemeinen die Mitte des Schwankungsbereiches als äquivalenter Dauerschallpegel gelten.

Beispiel:

Der Schallpegel schwankt zwischen 90 und 94 dB(A). Die Mitte zwischen beiden Werten ist der äquivalente Dauerschallpegel $L_{Aeq} = 92$ dB(A).

2. Schwankungsbereich bis zu 10 dB:

Wenn der Schwankungsbereich der Messwerte kleiner als etwa 10 dB ist, so liegt der Mittelungspegel um etwa 1/3 des Schwankungsbereiches unterhalb der oberen Grenze.

Beispiel:

Der Schallpegel schwankt zwischen 90 und 99 dB(A).

Schwankungsbereich:

9 dB(A); 1/3 davon = 3 dB(A)

Also: $L_{Aeq} = 99 - 3 = 96$ dB(A)

An diesem Beispiel erkennt man schon, dass hohe Pegel stärker zu Buche schlagen als niedrige Pegel.

3. Mittelung mit Taschenrechnern:

Für die rechnerische Mittelung von Schallpegeln in unterschiedlichen Zeitintervallen gilt folgende Formel:

$$L_{eq} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_M} \left(10^{0,1 L_{eq1}} \cdot T_1 + 10^{0,1 L_{eq2}} \cdot T_2 + \dots 10^{0,1 L_{eqn}} \cdot T_n \right) \right]$$

$$T_M = T_1 + T_2 + T_n$$

= betrachtetes gesamtes Zeitintervall (Messzeit)

$T_1, T_2, \dots T_n$ = einzelne Zeitintervalle

$L_1, L_2, \dots L_n$ = Schallpegel in dB(A) zur Zeit $T_1, T_2, \dots T_n$

Beispiel:				
L _{Aeq1}	=	85 dB(A) T ₁	=	5 min
L _{Aeq2}	=	90 dB(A) T ₂	=	10 min
L _{Aeq3}	=	95 dB(A) T ₃	=	15 min
T _M	=	T ₁ + T ₂ + T ₃	=	30 min
L _{Aeq}	=	10 lg [1/30 (10 ^{8,5} · 5 + 10 ^{9,0} · 10 + 10 ^{9,5} · 15)] dB(A)		
L _{Aeq}	=	= 92,9 dB(A) ≈ 93 dB(A)		

In diesem Beispiel wurde über 30 Minuten gemittelt, es wurde nicht der Tages-Lärmexpositionspegel gebildet. Eine Mittelung wie im zweiten Beispiel ist hier nicht möglich, da wir es hier mit unterschiedlichen Zeitintervallen zu tun haben. Bei Geräuschimmissionsmessungen in der Genauigkeitsklasse 2 ist es wegen der Unsicherheiten nicht sinnvoll, dB-Werte mit Dezimalstellen anzugeben, deswegen wird auf- oder abgerundet.

4. Mittelung nach Tabellen:

Die Mittelung nach Tabellen ist eine sichere und einfache Methode, wenn beim Umgang mit einem Taschenrechner die Routine oder am Taschenrechner die Logarithmus-Rechenfunktion fehlt.

In der folgenden Berechnung werden die Zahlenwerte aus Beispiel "3. Mittelung mit Taschenrechnern" übernommen.

Diese Rechnung wiederholt sich prinzipiell auch bei der Pegeladdition und bei der Bestimmung des Tages-Lärmexpositionspegels, dem äquivalenten Dauerschallpegel über acht Stunden.

Insofern ist diese Art der Rechnung für die Praxis zu empfehlen. Die in der Tabelle (Bild 3-7) enthaltenen Zahlenrundungen liefern im Allgemeinen ein hinreichend genaues Ergebnis (vgl. Rechnung unter 3.).

1	2	3	4	5	6	7
Messpunkt (MP)	äquivalenter Dauerschallpegel je MP	Bezugspegel	Pegeldifferenz	Teilzeit	Gewichtsfaktor	
Arbeitsplatz oder Tätigkeit	$L_{Aeq,i}$ in dB	L_0 in dB	$\Delta L = L_{Aeq,i} - L_0$ in dB	T_i [min] ¹⁾ [h] ¹⁾	g_i aus Tabelle 1	$g_i \cdot T_i$
Grundgeräusch	85	85	0	5	1,0	5,0
Montage	90		5	10	3,2	32,0
Schleifen	95		10	15	10	150
$N = \text{Anzahl } L_i$			$T_M = \sum T_i$	30	$\sum g_i \cdot T_i$	187,0

$$g_m = \frac{\sum g_i}{N} \bigg/ \frac{\sum g_i \cdot T_i}{T_M} = \frac{187,0}{30} = 6,23$$

ΔL_m für g_m aus Tabelle 2 : $\Delta L_m = 8 \text{ dB}$

äquivalenter Dauerschallpegel: $L_M = L_0 + \Delta L_m$

$$L_M = 85 + 8 \text{ dB}$$

$$L_{Aeq} = \underline{\underline{93 \text{ dB(A)}}}$$

1) Nichtzutreffendes streichen

Beispiel:

$$L_1 = 85 \text{ dB(A)} \quad T_1 = 5 \text{ min}$$

$$L_2 = 90 \text{ dB(A)} \quad T_2 = 10 \text{ min}$$

$$L_3 = 95 \text{ dB(A)} \quad T_3 = 15 \text{ min}$$

Bild 3-7: Schallpegelmittelung; Beispiel mit ungleichen Teilzeiten

Tabelle 1		Tabelle 2	
ΔL in dB	g_i	g_m	ΔL_m in dB*)
40	10 000	8 910	39
39	8 000	7 080	38
38	6 300	5 620	37
37	5 000	4 470	36
36	4 000	3 550	35
35	3 200	2 820	34
34	2 500	2 240	33
33	2 000	1 780	32
32	1 600	1 410	31
31	1 300	1 120	30
30	1 000	891	29
29	800	708	28
28	630	562	27
27	500	447	26
26	400	355	25
25	320	282	24
24	250	224	23
23	200	178	22
22	160	141	21
21	130	112	20
20	100	89,1	19
19	80	70,8	18
18	63	56,2	17
17	50	44,7	16
16	40	35,5	15
15	32	28,2	14
14	25	22,4	13
13	20	17,8	12
12	16	14,1	11
11	13	11,2	10
10	10	8,91	9
9	8,0	7,08	8
8	6,3	5,62	7
7	5,0	4,47	6
6	4,0	3,55	5
5	3,2	2,82	4
4	2,5	2,24	3
3	2,0	1,78	2
2	1,6	1,41	1
1	1,3	1,12	0
0	1,00	0,891	-1
-1	0,80	0,708	-2
-2	0,63	0,562	-3
-3	0,50	0,447	-4
-4	0,40	0,355	-5
-5	0,32	0,282	-6
-6	0,25	0,224	-7
-7	0,20	0,178	-8
-8	0,16	0,141	-9
-9	0,13	0,112	
-10	0,10		

*) Jeder Pegelwert gilt für den Bereich zwischen den versetzt angeordneten g_m -Werten

Bild 3-8: Hilfsgröße g_i und ΔL_m für g_m

3.5.2

Pegeladdition

Sind die Immissionsschallpegel einzelner Schallquellen bekannt, können diese durch eine einfache Rechnung zu einem Gesamtschallpegel addiert werden.

1. Überschlägige Pegeladdition nach Tabelle:

ΔL in dB	0	1	2	3	4 ÷ 9	≥ 10
S in dB	3	3	2	2	1	0

$$L_{\text{ges}} = L_1 + S \text{ in dB, wenn } L_1 \geq L_2$$

L_1 = Schallpegel Lärmquelle 1 in dB(A)

L_2 = Schallpegel Lärmquelle 2 in dB(A)

S = Zuschlag nach Tabelle für ΔL in dB(A)

1. Beispiel: ($L_1 > L_2$)		
L_1	=	95 dB(A)
L_2	=	90 dB(A)
ΔL	=	$L_1 - L_2 = 5 \text{ dB(A)}$ mit $S = 1 \text{ dB(A)}$
L_{ges}	=	$L_1 + S = 95 + 1 = 96 \text{ dB(A)}$
2. Beispiel: ($L_1 = L_2$)		
L_1	=	$L_2 = 90 \text{ dB(A)}$
ΔL	=	0 dB(A) mit $S = 3 \text{ dB(A)}$
L_{ges}	=	$90 + 3 = 93 \text{ dB(A)}$
3. Beispiel: ($L_1 > L_2 > L_3$)		
L_1	=	95 dB(A)
L_2	=	90 dB(A)
L_3	=	85 dB(A)
Addition in 2 Schritten: 1. Schritt		
ΔL	=	$L_1 - L_2 = 5 \text{ dB(A)}$ mit $S_1 = 1 \text{ dB(A)}$
L_{ges1}	=	$L_1 + S_1 = 95 + 1 = 96 \text{ dB(A)}$
2. Schritt		
ΔL	=	$L_{\text{ges1}} - L_3 = 11 \text{ dB(A)}$ mit $S_2 = 0 \text{ dB(A)}$
L_{ges}	=	$L_{\text{ges1}} + S_2 = 96 + 0 = 96 \text{ dB(A)}$

Bild 3-9: Pegeladdition

Aus diesen einfachen Rechnungen nach der Tabelle kann Folgendes nachvollzogen werden:

- Eine Verdoppelung des Schallpegels ergibt einen Anstieg um 3 dB (auch $0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$).
- Beträgt die Differenz zweier Schallpegel $\geq 10 \text{ dB}$, wird der Gesamtschallpegel nur durch den lautesten Pegel der Einzelschallquelle bestimmt.
- Bei der Addition zehn gleicher Schallquellen erhöht sich der Gesamtschallpegel um 10 dB (wie 3. Beispiel zu rechnen).

2. Pegeladdition nach Diagramm: Die Anwendung des Diagramms wird aus den Beispielen deutlich.

1. Beispiel: Addition ($L_1 > L_2$)

L1	=	95 dB(A)
L2	=	90 dB(A)
ΔL	=	5 dB(A) auf ΔL-Achse aufsuchen und auf S-Achse Zuschlag S ablesen
S	=	1 dB (A) (gerundet)
L_{ges}	=	$L_1 + S = 96 \text{ dB(A)}$

2. Beispiel: Addition ($L_1 > L_2$)

L1	=	100 dB(A)
L2	=	90 dB(A)
ΔL	=	10 dB(A) auf ΔL-Achse aufsuchen und auf S-Achse Zuschlag S ablesen
S	=	0 dB(A) (abgerundet)
L_{ges}	=	$L_1 + S = 100 \text{ dB(A)}$

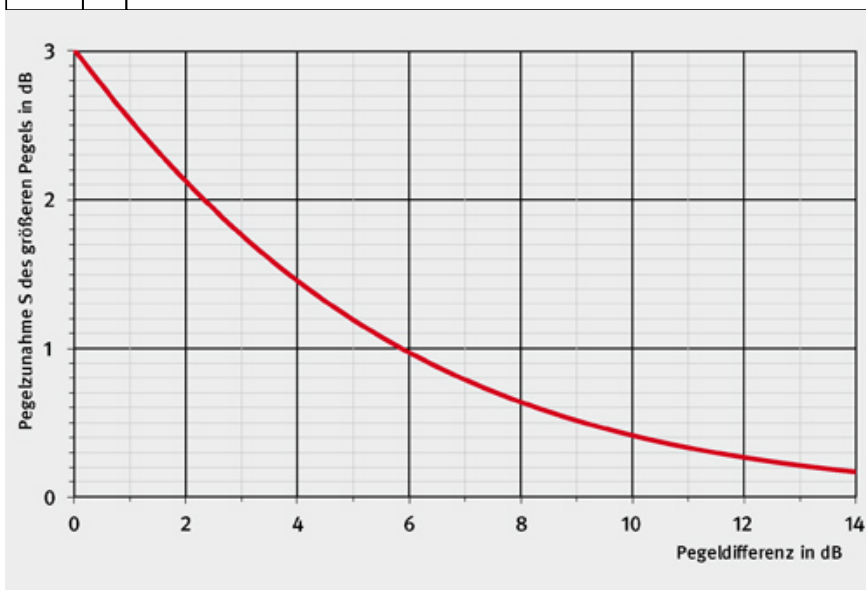


Bild 3-10: Grafische Addition von Schallpegeln

3. Pegeladdition mit Taschenrechner:

$$L_{\text{ges}} = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots 10^{0,1L_n}) \text{ in dB(A)}$$

$L_1, L_2 \dots L_n$ = Schallpegel in dB(A)

Beispiel:

$L_{ges} = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots 10^{0,1L_n})$ in dB(A)		
L1	=	85 dB(A)
L2	=	90 dB(A)
L3	=	95 dB(A)
Lges	=	10 lg (10 _{8,5} + 10 _{9,0} + 10 _{9,5}) in dB(A)
Lges	=	96,5 dB(A) ≈ 97 dB(A)

Dieses Beispiel zeigt die Grenzen bzw. die Ungenauigkeit der überschlägigen Pegeladdition nach der Tabelle und nach dem Diagramm auf. L_{ges} ist nach dieser Rechnung 1 dB größer als bei der überschlägigen Pegeladdition nach Bild 3-7 auf Seite 18, 1. Beispiel.




4. Pegeladdition nach Tabellen (Bild 3-11 auf Seite 20):

Die Pegeladdition nach Tabellen erfolgt prinzipiell nach dem gleichen Schema wie die Pegelmittelung.

Diese Tabellen ersparen letztlich das Rechnen mit Logarithmen.

Ein Vergleich der Ergebnisse mit gleichen Schallquellen zeigt unterschiedliche Gesamtschallpegel:

Für	L 1	=	85 dB(A)
	L 2	=	90 dB(A)
	L 3	=	95 dB(A)
"Überschlägige Pegeladdition nach Tabelle":		L ges	= 96 dB(A)
"Pegeladdition mit Taschenrechner":		L ges	= 97 dB(A)
"Pegeladdition nach Tabellen":		L ges	= 97 dB(A)

1	2	3	4	5
Messpunkt (MP) Arbeitsplatz oder Tätigkeit	äquivalenter Dauerschall- pegel je MP $L_{Aeq,i}$ in dB	Bezugspegel L_0 in dB	Pegeldifferenz $\Delta L = L_{Aeq,i} - L_0$ in dB	Gewichts- faktor g_i aus Tabelle 1
	85	85	0	1,0
	90		5	3,2
	95		10	10,0

$g_m = \Sigma g_i = 14,2$

$\xrightarrow{\Sigma g_i}$

14,2

ΔL_m für g_m aus Tabelle 2: $\Delta L_m = 12$ dB

$L_{ges} = L_0 + \Delta L_m$
 $= 85 + 12$ dB
 $L_{ges} = \underline{\underline{97}} \text{ dB}$

Beispiel:

$L_1 = 85 \text{ dB(A)}$

$L_2 = 90 \text{ dB(A)}$

$L_3 = 95 \text{ dB(A)}$

Bild 3-11: Pegeladdition - Beispiel

Die Abweichungen kommen durch Rundungen in den Tabellen zustande. In Zweifelsfällen gilt die formelmäßige Rechnung.