

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

#### Bibliografie

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

## Abschnitt 3.5 - 3.5 Rechnen mit Schallpegeln

Schon während der Geräuschmessung mit einem nicht integrierenden Schallpegelmessgerät 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:			
LAeq1	=	85 dB(A) T1	= 5 min
LAeq2	=	90 dB(A) T2	= 10 min
LAeq3	=	95 dB(A) T3	= 15 min
TM	=	T1+ T2+ T3TM	= 30 min
LAeq	=	10 lg [1/30(10 <sup>8,5</sup> · 5 + 10 <sup>9,0</sup> · 10 + 10 <sup>9,5</sup> · 15)] dB(A)	
LAeq	=	= 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) Arbeitsplatz oder Tätigkeit	äquivalenter Dauerschallpegel je MP $L_{Aeq,i}$ in dB	Bezugspegel $L_0$ in dB	Pegeldifferenz $\Delta L = L_{Aeq,i} - L_0$ in dB	Teilzeit $T_i$ [min] <sup>1)</sup> [h] <sup>1)</sup>	Gewichtsfaktor $g_i$ 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

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

$\Delta L_m$  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:*  
 $L1 = 85 \text{ dB(A)}$   $T1 = 5 \text{ min}$   
 $L2 = 90 \text{ dB(A)}$   $T2 = 10 \text{ min}$   
 $L3 = 95 \text{ dB(A)}$   $T3 = 15 \text{ min}$

Bild 3-7: Schallpegelmittelung; Beispiel mit ungleichen Teilzeiten

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

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

Bild 3-8: Hilfsgröße  $g_i$  und  $\Delta L_m$  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:

$\Delta L$ in dB	0	1	2	3	4 ÷ 9	$\geq 10$
S in dB	3	3	2	2	1	0

$L_{ges} = L_1 + S$  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  $\Delta L$  in dB(A)

<b>1. Beispiel: (<math>L_1 &gt; L_2</math>)</b>		
L1	=	95 dB(A)
L2	=	90 dB(A)
$\Delta L$	=	$L_1 - L_2 = 5 \text{ dB(A)}$ mit $S = 1 \text{ dB(A)}$
Lges	=	$L_1 + S = 95 + 1 = 96 \text{ dB(A)}$
<b>2. Beispiel: (<math>L_1 = L_2</math>)</b>		
L1	=	$L_2 = 90 \text{ dB(A)}$
$\Delta L$	=	0 dB(A) mit $S = 3 \text{ dB(A)}$
Lges	=	$90 + 3 = 93 \text{ dB(A)}$
<b>3. Beispiel: (<math>L_1 &gt; L_2 &gt; L_3</math>)</b>		
L1	=	95 dB(A)
L2	=	90 dB(A)
L3	=	85 dB(A)
<b>Addition in 2 Schritten: 1. Schritt</b>		
$\Delta L$	=	$L_1 - L_2 = 5 \text{ dB(A)}$ mit $S_1 = 1 \text{ dB(A)}$
Lges1	=	$L_1 + S_1 = 95 + 1 = 96 \text{ dB(A)}$
<b>2. Schritt</b>		
$\Delta L$	=	$L_{\text{ges1}} - L_3 = 11 \text{ dB(A)}$ mit $S_2 = 0 \text{ dB(A)}$
Lges	=	$L_{\text{ges1}} + S_2 = 96 + 0 = 96 \text{ dB(A)}$

**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 (L1 > L2)

L1	=	95 dB(A)
L2	=	90 dB(A)
$\Delta L$	=	5 dB(A) auf $\Delta L$ -Achse aufsuchen und auf S-Achse Zuschlag S ablesen
S	=	1 dB (A) (gerundet)
Lges	=	L1+ S = 96 dB(A)

### 2. Beispiel: Addition (L1 > L2)

L1	=	100 dB(A)
L2	=	90 dB(A)
$\Delta L$	=	10 dB(A) auf $\Delta L$ -Achse aufsuchen und auf S-Achse Zuschlag S ablesen
S	=	0 dB(A) (abgerundet)
L ges	=	L1+ S = 100 dB(A)

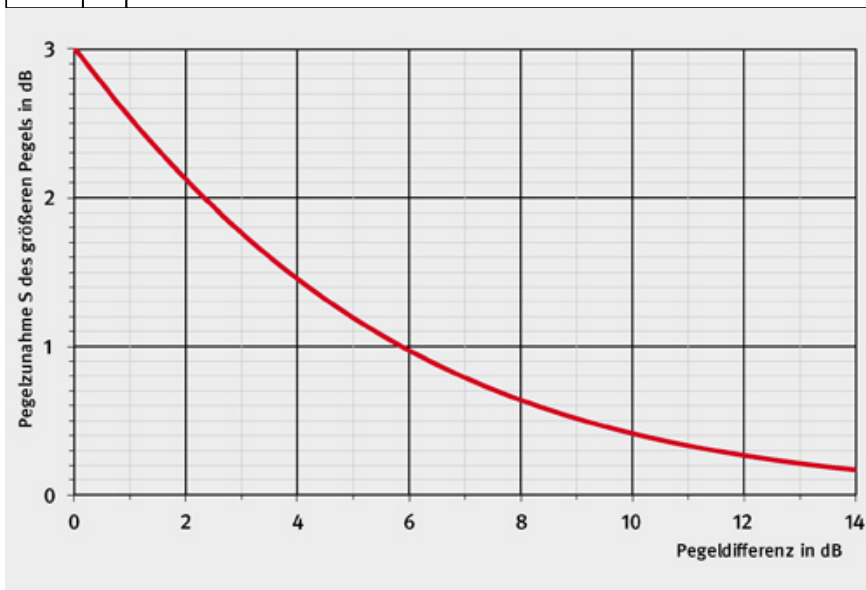


Bild 3-10: Grafische Addition von Schallpegeln

3. Pegeladdition mit Taschenrechner:

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

L1, L2... Ln= Schallpegel in dB(A)

Beispiel:

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

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:

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

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 $g_j$ aus Tabelle 1
/	85	85	0	1,0
/	90		5	3,2
/	95		10	10,0
$g_m = \Sigma g_i = 14,2$				$\Sigma g_i$ → 14,2
$\Delta L_m$ für $g_m$ aus Tabelle 2: $\Delta L_m = 12$ dB				
$L_{ges} = L_0 + \Delta L_m$ $= 85 + 12$ dB $L_{ges} = \underline{97}$ dB				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <i>Beispiel:</i>  <math>L_1 = 85</math> dB(A)  <math>L_2 = 90</math> dB(A)  <math>L_3 = 95</math> dB(A)           </div>				

Bild 3-11: Pegeladdition - Beispiel

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