



# Dimensionen

1

## Bezeichnungen und Beispiele

Die Bezeichnungen und Abmessungen der Luftleitungen und Formteile sind an die CEN-Normen angepasst.

2

Die Längenangaben sind in mm.

Die Winkel werden in Grad angegeben.

Bauteile mit  $\text{Ø}d_1 - \text{Ø}d_4$  passen in Rohre und Formteile mit  $\text{Ø}d$ .

3

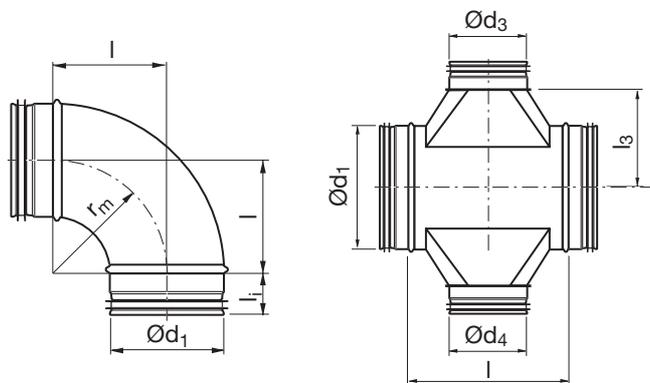
Rohrleitung und Innenmaß .....  $\text{Ø}d$

Anschlussmaß .....  $\text{Ø}d_1, \text{Ø}d_2, \text{Ø}d_3, \text{Ø}d_4$

4

Blechstärke .....  $t$

5



6

7

8

9

Installationslänge .....  $l, l_1, l_2, l_3$

Radius .....  $r_m$

10

Einstecklänge .....  $l_i$

11

Exzentrizität .....  $cc$

Komponentenlänge .....  $L$

12

Umfang .....  $O$

Querschnittsfläche .....  $A_c$

Masse .....  $m$

13

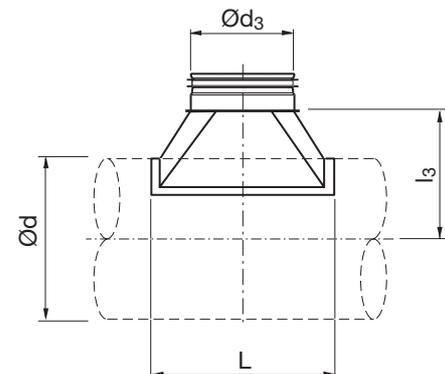
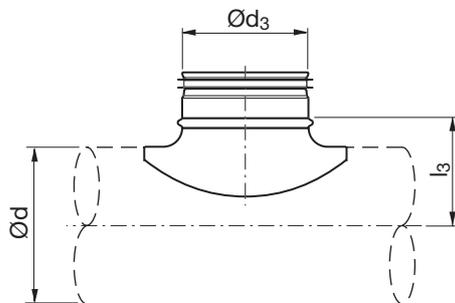
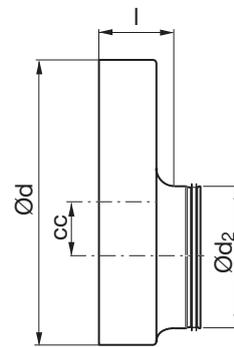
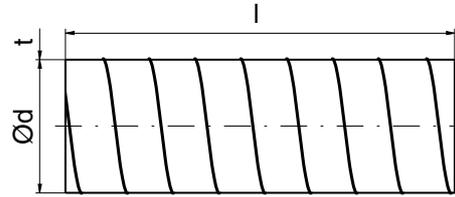
14

15

16

17

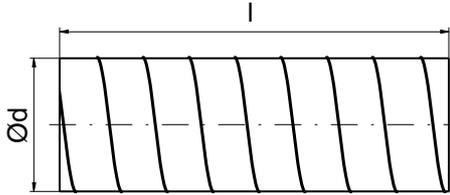
18



# Toleranzen

Die Standardabmessungen sind in Fettdruck angegeben.  
Standarddruck gibt die Zwischenmaße an.

## Rohrleitungen



Nach EN1506

Ød nom	Toleranzbereich
<b>63</b>	<b>63,0 - 63,5</b>
<b>80</b>	<b>80,0 - 80,5</b>
<b>100</b>	<b>100,0 - 100,5</b>
112	112,0 - 112,5
<b>125</b>	<b>125,0 - 125,5</b>
140	140,0 - 140,6
150	150,0 - 150,6
<b>160</b>	<b>160,0 - 160,6</b>
180	180,0 - 180,7
<b>200</b>	<b>200,0 - 200,7</b>
224	224,0 - 224,8
<b>250</b>	<b>250,0 - 250,8</b>
280	280,0 - 280,9
300	300,0 - 300,9
<b>315</b>	<b>315,0 - 315,9</b>
355	355,0 - 356,0
<b>400</b>	<b>400,0 - 401,0</b>
450	450,0 - 451,1
<b>500</b>	<b>500,0 - 501,1</b>
560	560,0 - 561,2
600	600,0 - 601,2
<b>630</b>	<b>630,0 - 631,2</b>
710	710,0 - 711,5
<b>800</b>	<b>800,0 - 801,6</b>
900	900,0 - 902,0
<b>1000</b>	<b>1000,0 - 1002,0</b>
1120	1120,0 - 1122,5
<b>1250</b>	<b>1250,0 - 1252,5</b>
1400	1400,0 - 1402,8
1500	1500,0 - 1502,9
<b>1600</b>	<b>1600,0 - 1603,1</b>

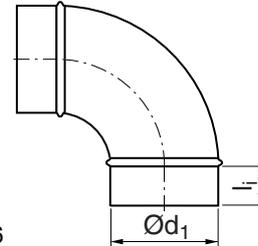
## Länge

l, l <sub>1</sub> , l <sub>3</sub> , etc	Toleranz
0-15	+0 -2
16-100	+0 -5
101-	+0 -10
L	±5

## Winkel

α	Toleranz
	±2°

## Formteile



Nach EN1506

Ød <sub>1</sub> , d <sub>2</sub> , d <sub>3</sub> , d <sub>4</sub> nom	Toleranzbereich	l <sub>i</sub> nom
<b>63</b>	<b>61,8 - 62,3</b>	<b>40</b>
<b>80</b>	<b>78,8 - 79,3</b>	<b>40</b>
<b>100</b>	<b>98,8 - 99,3</b>	<b>40</b>
112	110,8 - 111,3	40
<b>125</b>	<b>123,8 - 124,3</b>	<b>40</b>
140	138,7 - 139,3	40
150	148,7 - 149,3	40
<b>160</b>	<b>158,7 - 159,3</b>	<b>40</b>
180	178,6 - 179,3	40
<b>200</b>	<b>198,6 - 199,3</b>	<b>40</b>
224	222,5 - 223,3	40
<b>250</b>	<b>248,5 - 249,3</b>	<b>60</b>
280	278,4 - 279,3	60
300	298,4 - 299,3	60
<b>315</b>	<b>313,4 - 314,3</b>	<b>60</b>
355	353,3 - 354,3	60
<b>400</b>	<b>398,3 - 399,3</b>	<b>80</b>
450	448,2 - 449,3	80
<b>500</b>	<b>498,2 - 499,3</b>	<b>80</b>
560	558,1 - 559,3	80
600	598,1 - 599,3	80
<b>630</b>	<b>628,1 - 629,3</b>	<b>80</b>
710	708,0 - 709,3	100
<b>800</b>	<b>798,0 - 799,3</b>	<b>100</b>
900	897,9 - 899,3	100
<b>1000</b>	<b>997,9 - 999,3</b>	<b>120</b>
1120	1117,8 - 1119,3	120
<b>1250</b>	<b>1247,8 - 1249,3</b>	<b>120</b>
1400	1397,3 - 1398,8	150
1500	1496,9 - 1498,5	150
<b>1600</b>	<b>1596,5 - 1598,2</b>	<b>150</b>

## Gewicht

±10%

## Blechstärke

Gemäß Norm für Stahlblech  
EN 10143:1993.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18

# Material

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

## Blechstärke

Auf Anfrage können andere Blechstärken geliefert werden. Es müssen dann jedoch Änderungen im Produktsortiment in Kauf genommen werden. Eine Erhöhung der Blechstärke der Rohre um 0,5 mm führt dazu, dass sich der Innendurchmesser um 1,0 mm verringert, was wiederum bedeutet, dass die Standardformteile nicht passen und eigens für diese Rohre angefertigt werden müssen.

## Material

Sendzimierverzinkte Stahlblechqualitäten

- für Rohre und handgefertigte Formteile nach DIN EN 10346 - DX51 D
- für Pressformteile nach DIN EN 10346 - DX54 D

mit einer Zinkauflage gemäß den Empfehlungen der Norm ISO 12944-2

Abgesehen von dem verzinkten Material sind auch andere Qualitäten lieferbar wie z. B.:

- Edelstahl 1.4301 und 1.4404 (1.4571), Formteile handgebaut
- Aluminium AIMg3, Formteile handgebaut

# Material

## Temperaturgrenzen für unsere Materialien

Die unterlegten Felder geben die Standardversionen an.

Produkt	Material/Typ	Betrieb			
		Kontinuierlich		Kurzzeitig	
		Temperaturgrenze			
		min. °C	max. °C	min. °C	max. °C
Gepresst mit geschweißter Naht	Galvanisiertes Stahlblech		200 <sup>1</sup>		250 <sup>2</sup>
	Aluminiumblech		200 <sup>3</sup>		300
	Edelstahlblech		500		700
Druckgefügt, punktgeschweißte und/oder gefalzte Verbindung	Dichtmasse	-40	70		
Safe Dichtungen und Absperrklappendichtungen	EPDM-Gummi	-30	100	-50	120
	Silikon-Gummi	-70	150	-90	200
Schaumgummidichtung	EPDM-Gummi	-30	100	-50	120
Schaumgummipackung	Polyester	-40	70		
Mess-Nippel	Kunststoff		70		
Absperrklappenwellenlager	Polyamid	-30	150	-50	200
	Messing		300		
Absperrklappenstellglied	Elektrisch	-30	50		
	Pneumatisch	-5	60		
Rohrfilter	Polyester		120		
Entwässerungsschlauch	Ethylvinylacetat und PE	-45	65		
Dämmung	Glaswolle		200		
	Steinwolle		700		
	Steinwolle, papier-kaschiert		80		
Schalldämpfer	Polyester		130		180

- <sup>1</sup> Bei ungefähr 200 °C kommt es bei galvanisiertem Stahl zu Verfärbungen. Dies ist in erster Linie ein optisches Problem und führt in normaler Umgebung nicht zu einer Verschlechterung des Korrosionsschutzes.
- <sup>2</sup> Wenn die Temperatur auf ca. 300 °C ansteigt, wird die Haftung des Zinks beeinträchtigt, wodurch sich der Korrosionsschutz verschlechtert.
- <sup>3</sup> Aluminiumblech wird nach einiger Zeit bei Temperaturen von 200 °C weich.

# Das SI-System

## Einheiten

In diesem Katalog wird im Einklang mit der internationalen Praxis das SI-System (Système International d'Unités) verwendet. In „technischen Systemen“ wie Diagrammen und Tabellen können parallel zum SI-System Einheiten angegeben sein.

## Einige Grundeinheiten

Für Länge	Meter	m
Für Masse	Kilogramm	kg
Für Zeit	Sekunden	s
Für elektrischen Strom	Ampere	A
Für Temperatur	Kelvin	K

## Einige abgeleitete Einheiten

Für Frequenz	Hertz	Hz	1 Hz = 1/s
Für Kraft	Newton	N	1 N = 1 kg · m/s <sup>2</sup>
Für Druck, mechanische Belastung	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
Für Energie, Arbeit	Joule	J	1 J = 1 N · m
Für Strom	Watt	W	1 W = 1 J/s
Für elektrisches Potential, elektrische Spannung	Volt	V	1 V = 1 W/A

## Weitere Einheiten

Für Zeit	Minute	min	1 min = 60 s
	Stunde	h	1 h = 3 600 s = 60 min
Für Winkel	Grad	°	1° = 1/360 eines Kreises
Für Volumen	Liter	l	1 l = 1 000 cm <sup>3</sup> = 1 dm <sup>3</sup>

## Einige Vorsätze für Maßeinheiten

Index	Bezeichnung	Abk.	Beispiel	
10 <sup>12</sup>	tera	T	1 Terajoule	1 TJ
10 <sup>9</sup>	giga	G	1 Gigawatt	1 GW
10 <sup>6</sup>	mega	M	1 Megavolt	1 MV
10 <sup>3</sup>	kilo	k	1 Kilometer	1 km
10 <sup>2</sup>	hekto	h	1 Hektogramm	1 hg
10 <sup>1</sup>	deka	da	1 Dekalumen	1 dalm
10 <sup>-1</sup>	dezi	d	1 Dezimeter	1 dm
10 <sup>-2</sup>	centi	c	1 Zentimeter	1 cm
10 <sup>-3</sup>	milli	m	1 Milligramm	1 mg
10 <sup>-6</sup>	mikro	μ	1 Mikrometer	1 μm
10 <sup>-9</sup>	nano	n	1 Nanohenry	1 nH
10 <sup>-12</sup>	pico	p	1 Picofarad	1 pF

# Das SI-System

## Umrechnungsfaktoren

Für einige Einheiten, die häufig in der Industrie verwendet werden, sind nachfolgend Umrechnungstabellen in andere Maßeinheiten angegeben.

### Druck, p

Pa Pascal N/m <sup>2</sup>	mm wc mm Aq mm H <sub>2</sub> O	mm Hg (bei 20 °C)	in wg " wg in wc	psi(g) ibf/in <sup>2</sup>	bar
1	0,102	0,007 53	0,004 02	0,000 145	0,000 010 0
9,79	1	0,073 7	0,039 4	0,001 42	0,000 097 9
133	13,6	1	0,534	0,019 3	0,001 33
249	25,4	1,87	1	0,036 1	0,002 49
6 895	704	51,9	27,7	1	0,068 9
100 000	10 215	753	402	14,5	1

### Länge, l

in inch	ft foot	yd yard	m Meter	Meile
1	0,083 3	0,027 8	0,025 4	0,000 015 8
12,0	1	0,333	0,305	0,000 189
36,0	3,00	1	0,914	0,000 568
39,4	3,28	1,09	1	0,000 621
63 360	5 280	1 760	1 609	1

### Fläche, A

in <sup>2</sup> sq in	ft <sup>2</sup> sq ft	yd <sup>2</sup> sq yd	m <sup>2</sup> Quadratmeter	ar	ha Hektar
1	0,006 94	0,000 772	0,000 645	0,000 006 45	0,000 000 064 5
144	1	0,111	0,092 9	0,000 929	0,000 009 29
1 296	9,00	1	0,836	0,008 36	0,000 083 6
1 550	10,8	1,20	1	0,010 0	0,000 100
155 000	1 076	120	100	1	0,010 0
15 500 031	107 639	11 960	10 000	100	1

### Volumen, V

in <sup>3</sup> cu in	l Liter	US gal gallon	UK gal gallon	ft <sup>3</sup> cu ft	yd <sup>3</sup> cu yd	m <sup>3</sup> Kubikmeter
1	0,016 4	0,004 33	0,003 60	0,000 579	0,000 021 4	0,000 016 4
61,0	1	0,264	0,220	0,035 3	0,001 31	0,001 00
231	3,79	1	0,833	0,134	0,004 95	0,003 79
277	4,55	1,20	1	0,161	0,005 95	0,004 55
1 728	28,3	7,48	6,23	1	0,037 0	0,028 3
46 656	765	202	168	27,0	1	0,765
61 024	1 000	264	220	35,3	1,31	1

### Geschwindigkeit, v

ft/min fpm	km/h	ft/s	mile/h mph	Knoten kn	m/s
1	0,018 3	0,016 7	0,011 4	0,009 87	0,005 08
54,7	1	0,911	0,621	0,540	0,278
60,0	1,10	1	0,682	0,592	0,305
88,0	1,61	1,47	1	0,869	0,447
101	1,85	1,69	1,15	1	0,514
197	3,60	3,28	2,24	1,94	1

# Das SI-System

## Umrechnungsfaktoren

### Volumenstrom, $q_v$

ft <sup>3</sup> /h cfh	l/min	m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /min cfm	l/s	m <sup>3</sup> /s
1	0,472	0,028 3	0,016 7	0,007 87	0,000 007 87
2,12	1	0,060 0	0,035 3	0,016 7	0,000 016 7
35,3	16,7	1	0,589	0,278	0,000 278
60,0	28,3	1,70	1	0,472	0,000 472
127	60,0	3,60	2,12	1	0,001 00
127 133	60 000	3 600	2 119	1 000	1

### Masse, m

oz ounce	lb pound	kg Kilogramm
1	0,062 5	0,028 3
16,0	1	0,454
35,3	2,20	1

### Massenstrom, $q_m$

lb/min	kg/s
1	0,007 56
132	1

### Dichte, $\rho$

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>
1	0,062 4	0,001 00	0,000 036 1
16,0	1	0,016 0	0,000 579
1 000	62,4	1	0,036 1
27 680	1 728	27,7	1

### Kraft, F

N Newton	lbf pound-force	kp Kilopond
1	0,225	0,102
4,45	1	0,454
9,81	2,20	1

### Drehmoment, M

lbf · in	Nm	lbf · ft	kpm
1	0,113	0,083 3	0,011 5
8,85	1	0,738	0,102
12,0	1,36	1	0,138
86,8	9,81	7,23	1

### Energie, Arbeit, E

J Joule Nm, Ws	Btu Britische Wärmeeinheit	kcal Kilokalorie	kWh
1	0,000 948	0,000 239	0,000 000 278
1 055	1	0,252	0,000 293
4 187	3,97	1	0,001 16
3 600 000	3 412	860	1

# Das SI-System

## Umrechnungsfaktoren

### Kraft, P

Btu/h	W Watt Nm/s, J/s	kcal/h	hk metrisch PS	hp UK, US PS
1	0,293	0,252	0,000 398	0,000 393
3,41	1	0,860	0,001 36	0,001 34
3,97	1,16	1	0,001 58	0,001 56
2 510	735	632	1	0,986
2 544	746	641	1,01	1

### Temperaturdifferenz, Temperaturbereich, ΔT für K; Δθ für °C

K Kelvin	°F Grad Fahrenheit	°C Grad Celsius
1	1,80	1,00
0,556	1	0,556
1,00	1,80	1

### Temperaturskalen

K	°F	°C	Physikalischer Zustand
<b>0,00</b>	-460	-273	Absoluter Nullpunkt
255	<b>0,00</b>	-17,8	Salmiak/Schneemischung
<b>273</b>	32,0	<b>0,00</b>	Schmelzpunkt von Eis
293	68,0	20,0	Atmosphärische Standardtemperatur
311	<b>100</b>	37,8	Normaltemperatur des menschlichen Körpers
373	<b>212</b>	<b>100</b>	Siedepunkt von Wasser

### Temperaturumrechnung

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9 \quad ^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 9/5 + 32 \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

### Griechische Buchstaben

In technischen und wissenschaftlichen Texten werden griechische Buchstaben zur Bezeichnung von physikalischen Einheiten verwendet.

Kleinere Unterschiede in der Form der Buchstaben können unter der Voraussetzung akzeptiert werden, dass diese keine Verwechslungsgefahr mit sich führen.

Bezeichnung	Kleinbuchstabe	Großbuchstabe	Bezeichnung	Kleinbuchstabe	Großbuchstabe
Alpha	α	A	Ny	ν	N
Beta	β	B	Ksi	ξ	Ξ
Gamma	γ	Γ	Omikron	ο	Ο
Delta	δ	Δ	Pi	π	Π
Epsilon	ε	E	Ro	ρ	P
Zeta	ζ	Z	Sigma	σ	Σ
Eta	η	H	Tau	τ	T
Teta	θ	Θ	Ypsilon	υ	Υ
Jota	ι	I	Fi	φ	Φ
Kappa	κ	K	Ki	χ	X
Lambda	λ	Λ	Psi	ψ	Ψ
My	μ	M	Omega	ω	Ω

# Druck

1

## Gesamtdruck = dynamischer Druck + statischer Druck

2

**Der statische Druck** in der Atmosphäre hängt vom Wetter ab, Hoch- oder Tiefdruck, und von der Höhe über dem Meeresspiegel. Der Standarddruck, d.h. der atmosphärische Druck auf Höhe des Meeresspiegels, liegt bei:

101,3 kPa = 1,013 bar = 1013 mbar  
(= 1 atm = 760 mm Hg)

3

4

5

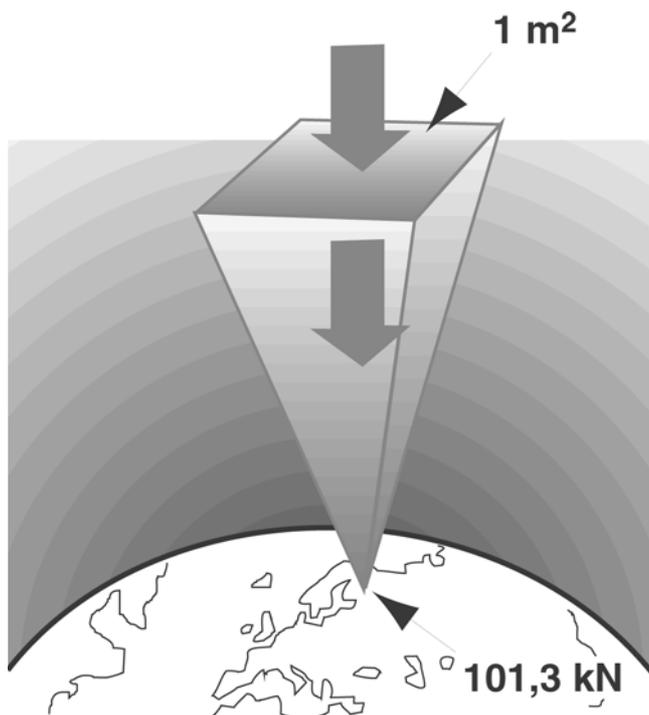
6

7

8

9

10



11

An bestimmten Stellen, wie z.B. in einem Lüftungskanal, kommt der statische Druck von allen Seiten.

12

In einem Ventilationssystem steht der statische Druck im Verhältnis zu dem atmosphärischen Umgebungsdruck außerhalb des Luftleitungssystems; Der statische Druck kann somit positiv sein – d.h. höher als der atmosphärische Umgebungsdruck, oder negativ, d.h. niedriger als der atmosphärische Umgebungsdruck.

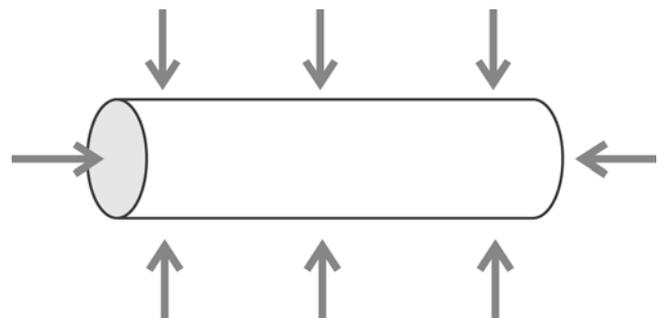
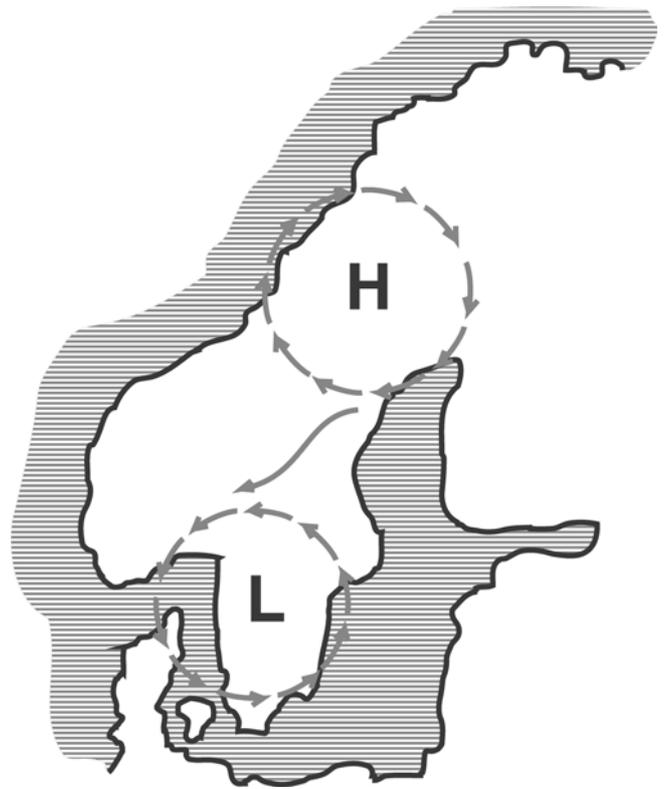
14

15

16

17

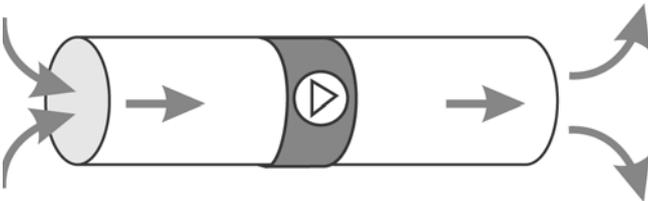
18



# Druck

## Druckverlust

Wenn man in einem offenen Luftleitungssystem einen statischen Druckunterschied erzeugt, fließt der Luftstrom von einem Punkt mit höherem Druck zu einem Punkt mit niedrigerem Druck: von Außen über das Einsauggitter zur Ansaugseite des Gebläses, und von der Versorgungsseite des Gebläses über die Versorgungsanschlüsse zurück in die Umgebungsluft. Die Druckdifferenz wird in kinetische Energie umgewandelt.



**Dynamischer Druck** ist ein Maß für die kinetische Energie der sich bewegenden Luft. Der Zusammenhang zwischen Druck und Energie wird offensichtlich, wenn Sie die SI-System Einheiten  $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2 = \text{Nm}/\text{m}^3 = \text{J}/\text{m}^3$  d.h. Energie (in J) per Einheit Volumen (in  $\text{m}^3$ ) des Luftstroms verwenden.

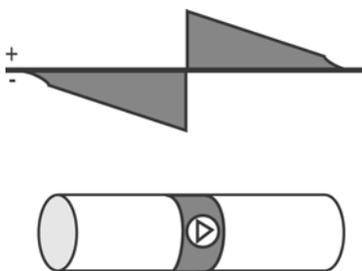
Der dynamische Druck ist abhängig von

$$p_d = \rho \cdot \frac{\bar{v}^2}{2} \text{ mit den Einheiten}$$

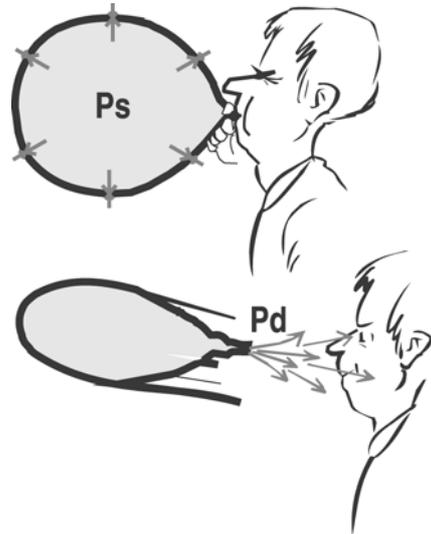
$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}^3} = \text{N} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

Der Luftstrom in einem Rohrleitungssystem ist normalerweise nicht verlustfrei. Es kommt zu Reibungsverlusten und die Luft wird gezwungen, die Richtung zu ändern. Es ist Druck erforderlich (d.h. Energie), um sowohl dynamischen als auch statischen Druck zu steuern – die Summe der beiden wird als Gesamtdruck bezeichnet.

$$p_t = p_s + p_d$$



Da  $p_s$  im Verhältnis zum atmosphärischen Druck (auf der Saugseite des Ventilators) negativ wird, wird  $p_t$  ebenfalls negativ, wenn die Summe von  $p_s$  und  $p_d$  negativ ist.



## Druckverlust und Luftstromverluste

In einem Ventilationssystem soll die Luft in Bewegung sein! Saubere Luft soll in die entsprechenden Bereiche geleitet werden, und die verschmutzte Luft soll aus dem Raum, dem Prozess oder der Maschine entfernt werden. Es ist Energie erforderlich, um die Luft zu bewegen, die über einen Ventilator zugeführt wird.

Um durch ein Rohrleitungssystem zu strömen, muss die Luft zwei Arten von Strömungswiderständen oder Druckverlusten überwinden:

- **Reibungsverlust** zwischen der strömenden Luft und den Rohrleitungswänden.
- **Einzelner Verlust**, wenn die Luft die Richtung oder die Geschwindigkeit ändert.

**Reibungsverlust**, (auch als R-Wert bekannt) wird mit der

$$\text{Einheit Pa/m ausgedrückt } \Delta p_f = \frac{\lambda}{d_h} \cdot \rho \frac{\bar{v}^2}{2}$$

wobei

$\Delta p_f$  = Reibungsverlust per Meter (Pa/m) ist

$\lambda$  = Reibungsfaktor abhängig vom Rohrleitungsmaterial und der Oberflächenrauigkeit

$d_h$  = hydraulischer Durchmesser der Rohrleitung, der Durchmesser eines runden Rohrs, der den gleichen Reibungsdruckverlust bei der gleichen Strömungsgeschwindigkeit ergibt wie ein rechteckiges Rohr

$$d_h = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

wobei a und b die Rohrleitungswände sind  
Bei einer runden Rohrleitung,  $d_h = d$

$\rho$  = Luftdichte ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\bar{v}$  = durchschnittliche Luftgeschwindigkeit (m/s)

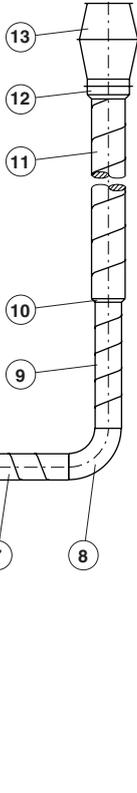
# Druck

## Druckverlustberechnung

### Erforderliche Ventilatorpressung

Wir wollen eine Druckverlustberechnung für ein einfaches Rohrleitungssystem durchführen!

- Zählen Sie die Anzahl der Formteile in Luftstromrichtung.
- Darauf stellen Sie die Abmessungen und die Daten aller Komponenten, wie im Beispiel gezeigt, in einer Tabelle zusammen.
- Lesen Sie im Diagramm den Druckverlust für jede Komponente ab. Sie können dem Beispiel in den nachfolgenden, verkleinerten Diagrammen folgen.

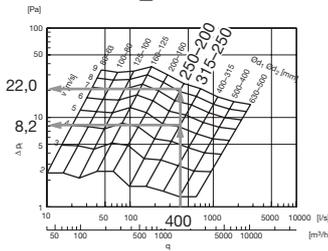
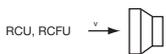


Nr.	Volumenstrom l/s	Komponente	Dimension Ø mm	Länge m	Druckverlust Pa/m	Druckverlust Pa
1	400	RCU	315-250	-	-	8,2
2	"	SR	250	2,0	3,3	6,6
3	"	BU 90°	250	-	-	11,0
4	"	SR	250	1,6	3,3	5,3
5	"	SLCU 100	250/1200	1,2	5,0	6,0
6	"	RCFU	250-200	-	-	22,0
7	"	SR	200	1,5	8,0	12,0
8	"	BU 90°	200	-	-	24,0
9	"	SR	200	1,2	8,0	9,6
10	"	RCU	250-200	-	-	15,0
11	"	SR	250	3,5	3,3	11,6
12	"	RCFU	400-250	-	-	16,0
13	"	HF	400	-	-	14,0
<b>Totaler Druckverlust (Summe 1 - 13) = 161,3</b>						

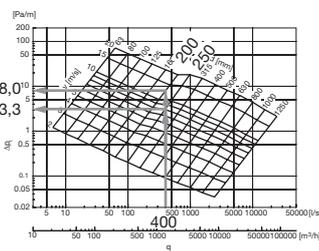
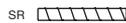
Addieren Sie die Druckverlustwerte auf der rechten Seite der Tabelle.

Wählen Sie anschließend einen geeigneten Ventilator aus, der den erforderlichen Luftstrom  $q = 400$  l/s und einen Gesamtdruckanstieg von  $p_t = 156$  Pa erzeugt.

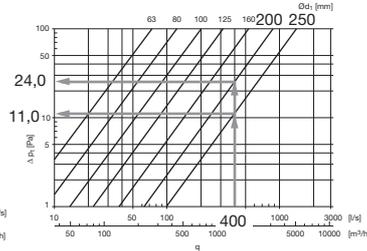
1 6



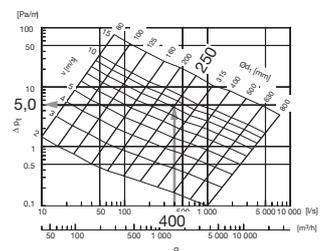
2 4 7 9 11



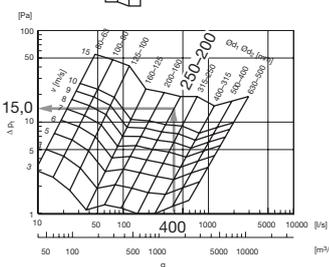
3 8



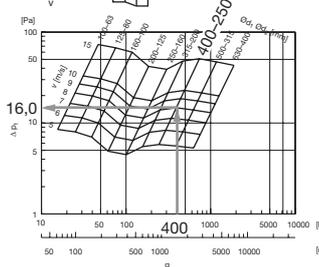
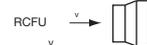
5



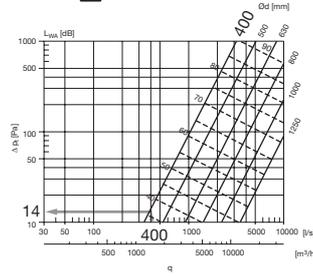
10



12



13



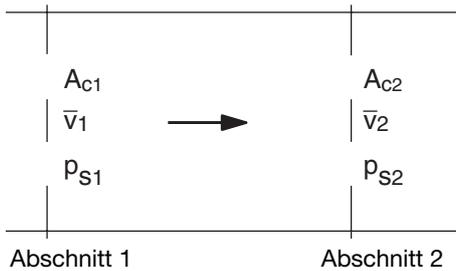
# Druck

## Voraussetzungen

Um ein Rohrleitungssystem korrekt dimensionieren zu können, benötigen Sie Informationen über den Gesamtdruckverlust der Formteile.

Der Gesamtdruckverlust  $\Delta p_t$  (Pa) zwischen zwei Abschnitten, 1 und 2, in einem Rohrleitungssystem wird wie folgt definiert

$$p_t = p_{t1} - p_{t2} = (p_{s1} + p_{d1}) - (p_{s2} + p_{d2})$$



wobei  $p_d = \frac{\rho \cdot \bar{v}^2}{2}$  und  $\bar{v} = \frac{q}{A_c}$

Bei der Druckverlustberechnung der Ventilationskanäle wird angenommen, dass:

- ein nicht komprimierbarer Luftstrom vorliegt, d.h. die Luftdichte ändert sich nicht
- Isothermische Ähnlichkeit, d.h. es kommt nicht zu einem Wärmeaustausch zwischen dem Rohr und seiner Umgebung
- keine Veränderungen in der potentiellen Energie, d.h. Höhenunterschiede zwischen den unterschiedlichen Abschnitten des Rohrleitungssystems werden vernachlässigt

## Verwendete Bezeichnungen

l	=	Länge	m (mm)
a	=	Langseite	m (mm)
b	=	Kurzseite	m (mm)
r	=	Radius	m (mm)
d	=	Durchmesser	m (mm)
d <sub>h</sub>	=	Hydraulischer Durchmesser	m (mm)
A <sub>c</sub>	=	Querschnittsfläche	m <sup>2</sup>
p <sub>A</sub>	=	atmosphärischer Druck	mbar
p <sub>A</sub>	=	statischer Druck	Pa
p <sub>d</sub>	=	dynamischer Druck	Pa
p <sub>t</sub>	=	Gesamtdruck	Pa
Δp	=	Druckverlust	Pa
Δp <sub>t</sub>	=	Gesamtdruckverlust	Pa
ϑ	=	Temperatur	°C
$\bar{v}$	=	durchschnittliche Luftgeschwindigkeit	m/s
q	=	Luftstrom	m <sup>3</sup> /s
ρ	=	Dichte	kg/m <sup>3</sup>
α	=	Winkel	°
φ	=	relative Luftfeuchtigkeit	%
λ	=	Reibungszahl	
R	=	Reibungskoeffizient	Pa/m
ζ	=	Widerstandszahl	
ν	=	kinematische Viskosität	m <sup>2</sup> /s

Der Gesamtdruckverlust für die gängigsten Formteile wird in Diagrammen als Funktion des Luftstroms (oder in einigen Fällen Geschwindigkeit) angegeben.

Die Grunddaten der Diagramme stammen von Messungen und Berechnungen, die in unseren Laboren durchgeführt wurden. Einige Diagramme wurden der Literatur entnommen.

Die Diagramme gelten für Luft unter Normalbedingungen.

ν	=	15,1 · 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
ϑ	=	20 °C
ρ	=	1,2 kg/m <sup>3</sup>
φ	=	65 %
p <sub>A</sub>	=	1013,2 mbar

Für Luft mit anderer Dichte (ρ<sub>andere</sub>) wird der Luftstrom (q<sub>andere\_Dichte</sub>) mit folgender Formel berechnet

$$q_{andere\_Dichte} = q_{graph} \cdot \sqrt{\frac{1,2}{\rho_{andere}}}$$

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

# Schall

## Ventilation muss nicht laut sein!

1

Wenn Sie Ihre Lüftungsanlage mit Sorgfalt und hochwertigen Komponenten planen, können Sie in den meisten Fällen Probleme und Klagen vermeiden.

2

Um das passende Prinzip und die richtigen Komponenten auswählen zu können, müssen Sie einige Grundkenntnisse darüber besitzen, wie und wo Lärm im System entsteht, übertragen und gedämpft wird.

3

Sehen wir uns eine einfache Analogie an: Lärmübertragung entsteht durch Wellen in einem Medium, d.h. Luft, das wir nicht sehen können, ungefähr so, wie sich Wellen im Wasser fortbewegen.

4

Sehen wir uns die Analogie genauer an, um den Vergleich deutlicher zu machen:

5

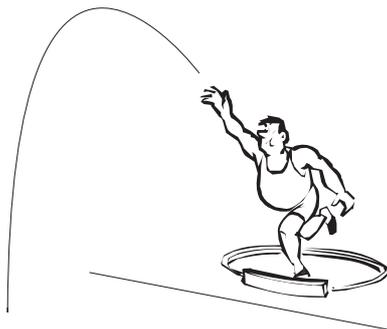
### Quelle

*Wellen auf der Wasseroberfläche*

6

Wir werfen einen Stein in absolut stilles Wasser.

7



8

9

10

11

*Wellen in Luft*

Wir geben einen Startschuss ab.

13



14

15

16

17

18

### Verteilung

*Wellen auf der Wasseroberfläche*

Wellen bewegen sich in zunehmenden, konzentrischen Kreisen vom Zentrum aus über die Wasseroberfläche, d.h. von dort, wo der Stein ins Wasser gefallen ist, nach außen.



*Wellen in Luft*

Die Schallwellen expandieren vom Zentrum, d.h. der Pistole, aus in Form eines immer größer werdenden Balls in alle Richtungen.



# Schall

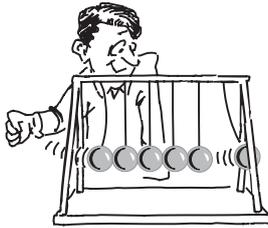
## Energietransport

### Wellen auf der Wasseroberfläche

Im Wasser wird kinetische Energie von einem Molekül auf das nächste übertragen. Die Moleküle stoßen aneinander und bewegen sich vor und zurück. Die Energie breitet sich von der Quelle aus.

### Wellen in Luft

In der Luft wird kinetische Energie von einem Molekül auf das nächste übertragen. Sie stoßen aneinander und bewegen sich vor und zurück. Die Energie breitet sich von der Quelle aus.



## Abstand

### Wellen auf der Wasseroberfläche

Wenn die Wellen sich vom Zentrum wegbewegen, d.h. von dem Punkt, an dem der Stein ins Wasser gefallen ist, nimmt die Wellenhöhe immer mehr ab, bis sie schließlich vollkommen verschwunden ist. Das Wasser ist wieder ruhig.

### Wellen in Luft

Wenn die Schallwellen von der Quelle, d.h. der Startpistole, aus expandieren, nimmt die Wellenbewegung ab und der Schall wird immer schwächer, bis er zum Schluss nicht mehr zu hören ist.



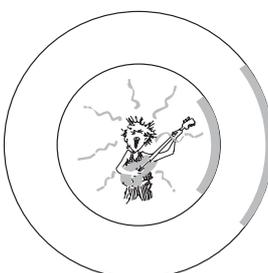
## Intensität

### Wellen auf der Wasseroberfläche

Die Energie, die die Ausbreitung der Wellen verursacht hat, oder die Kraft, die erforderlich ist, um die Bewegung aufrecht zu erhalten, wird über eine immer größere Fläche verteilt. Der Radius vergrößert sich.

### Wellen in Luft

Die Energie, die die Ausbreitung der Wellen verursacht hat, oder die Kraft, die erforderlich ist, um die Bewegung aufrecht zu erhalten, wird über ein immer größeres Volumen verteilt. Der Radius vergrößert sich.



## Hindernisse

### Wellen auf der Wasseroberfläche

Wenn die Wellen im Wasser an die Seite eines Bootes oder an einen Steg schlagen, werden sie im gleichen Winkel zurückgeworfen, in dem sie auf das Hindernis auftreffen.

### Wellen in Luft

Wenn die Wellen in der Luft auf eine Wand treffen, werden sie im gleichen Winkel zurückgeworfen, mit dem sie auf das Hindernis aufgetroffen sind.

*Genau, wie wenn Sie einen Ball an die Wand werfen.*

## Energieverlust

### Wellen auf der Wasseroberfläche

Die reflektierte Wellenhöhe ist geringer als die einfallende Welle. Ein Teil der kinetischen Energie geht bei der Kollision mit dem Steg verloren (und wird in Wärme umgewandelt).

### Wellen in Luft

Die reflektierte Wellenbewegung ist geringer als die einfallende Welle. Ein Teil der kinetischen Energie geht bei der Kollision mit der Wand verloren (und wird in Wärme umgewandelt).

*Der Ball bewegt sich langsamer, wenn er von der Wand abprallt als wenn er auf die Wand auftrifft.*

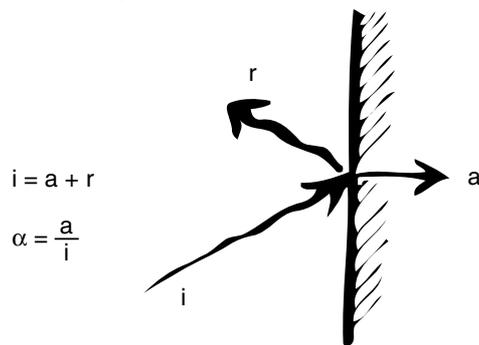
# Schall

## Schall kann absorbiert werden

Wenn Schallwellen auf eine weiche, poröse Wand (Mineralwolle etc.) treffen, dringen die schwingenden Luftmoleküle in die Oberfläche ein und werden durch die Reibung an den Materialfasern gebremst.

Der Teil der Energie, der auf diese Art absorbiert wird, wird in Wärme im Material umgewandelt, und der Rest wird zurück in den Raum reflektiert. Diese Art der Dämpfung, bei der der Lärm durch eine weiche Oberfläche gebremst wird, wird als poröse Absorption bezeichnet.

Die Schallabsorptionsfähigkeit unterscheidet sich von Material zu Material. Diese Eigenschaft wird als Schallabsorptionsfaktor  $\alpha$  des Materials bezeichnet.



Wenn nichts absorbiert wird, wird alles reflektiert, dann ist  $a = 0$  wodurch  $\alpha = 0$  wird:

$$i = 0 + r\alpha = \frac{0}{i} = 0$$

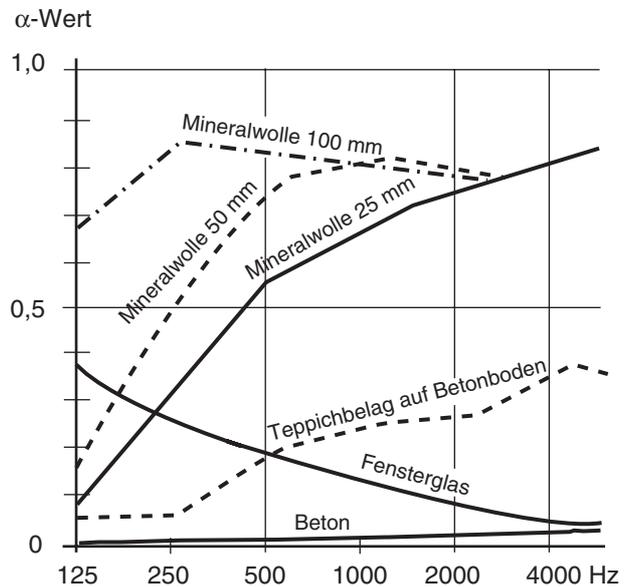
Wenn nichts reflektiert wird, wird alles absorbiert, dann ist  $r = 0$  wodurch  $\alpha = 1$  wird:

$$i = a + 0\alpha = \frac{a}{a} = 1$$

Bei einem offenen Fenster ist  $\alpha = 1$ , der gesamte Schall aus dem Raum, der am Fenster ankommt, verschwindet nach draußen!

Bei harten Materialien wie Beton- oder Marmorflächen, wird so gut wie keine Schallenergie absorbiert, alles wird reflektiert und der  $\alpha$  Wert ist fast Null. In Räumen mit harten Oberflächen wird der Schall über eine lange Zeit zurückgeworfen, bevor er abklingt. Der Raum hat eine lange Nachhallzeit und man erhält ein starkes, unangenehmes Echo. Der Schallpegel, der durch normale Schallquellen erzeugt wird, wird hoch.

Bei weichen Materialien wie dicken Mineralwollplatten ist das Gegenteil der Fall. Der  $\alpha$  Wert liegt nahe 1. Aber auch extrem schallgedämmte, weiche Räume können bisweilen ungeeignet sein, weil man nicht hört was man sagt. Vermeiden Sie Extreme – die Nachhallzeit eines Raums sollte an dessen Nutzung angepasst werden.



Schall in einem Ventilationssystem bewegt sich genauso leicht mit oder gegen die Strömungsrichtung.

Schall, der sich durch ein Rohrleitungssystem bewegt, wird auf unterschiedliche Art gedämpft. Fangen wir mit den nackten, ungedämmten metallenen Rohrleitungswänden an.

### Auch Metallwände absorbieren Schall – jedoch nicht viel

Wenn die metallenen Rohrleitungswände von einer Schallwelle getroffen werden, beginnen sie mit der gleichen Frequenz zu vibrieren wie der Schall.

Die Bewegungen sind normalerweise sehr gering und mit dem bloßen Auge kaum erkennbar (es ist meist leichter, die Vibrationen mit den Fingerspitzen auf dem Blech zu fühlen).

Genau wie ein Fenster, das vibriert, wenn ein schwerer Lkw auf der Straße vorbei fährt.

Die Rohrleitungswände und das Fenster fungieren als **Membrandämpfer** – Platten, die durch die anfängliche Schallenergie zu vibrieren beginnen. Diese Bewegung ist jedoch nicht reibungsfrei, da sie, sowohl durch die Biegefestigkeit des Blechs und (vor allem) durch die Anschlüsse an den Blechkanten, gebremst wird. Genau wie bei dem porösen Dämpfer wird ein Teil der Energie in Wärme umgewandelt, der Schall der übrig bleibt, wird schwächer, er wurde gedämpft.

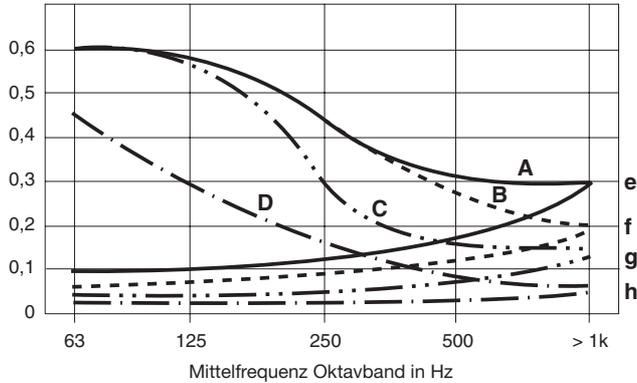
Bei gleicher freier Rohrleitungsfläche ist ein rundes Rohr mit Spiralfalzen steifer als ein rechteckiger Kanal und bietet daher eine geringere Dämpfung.

Wie in der Abbildung auf der nächsten Seite zu sehen, ist die Dämpfung in unverkleideten Luftleitungen relativ gering. Aus diesem Grund wird diese bei der Schallberechnung einer Installation ignoriert und stattdessen als Sicherheit angesehen.

# Schall

## Schallabnahme in geraden Metallrohrleitungen (1 mm Blechstärke)

Dämpfung  
dB per m

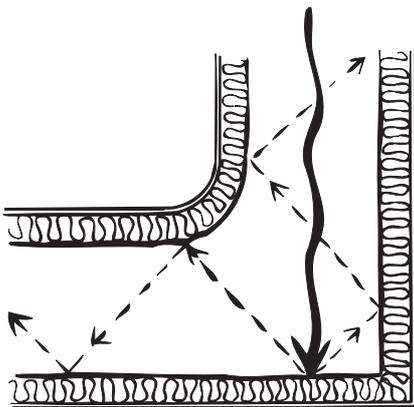


Rohrdimensionen			
<i>Rechteckige Kanäle</i>			
□ 75–200	200–400	400–800	800–1000
A ———	B - - - -	C ·····	D - ·····
<i>Runde Rohre</i>			
Ø75–200	200–400	400–800	800–1600
e ———	f - - - -	g ·····	h - ·····

### Absorption ist wirkungsvoller

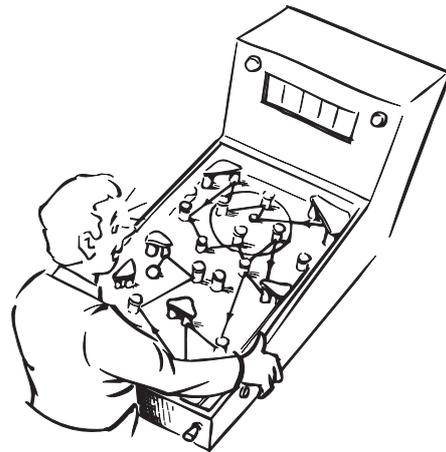
Die Dämpfung wird wirkungsvoller, wenn wir das Luftleitungssystem mit einem absorbierenden Material auskleiden. Auf diese Weise wird der Schall wie oben beschrieben gedämpft. Ein Teil der Schallenergie wird durch das Absorptionsmaterial auf das die Schallwellen auftreffen, absorbiert.

Wenn die Schallwellen häufig genug auf poröse Oberflächen auftreffen, wird die verbleibende Schallenergie, die kinetische Energie, die Ihre Trommelfelle zum Schwingen bringt, so gering, dass sie nicht länger als unangenehm empfunden wird!

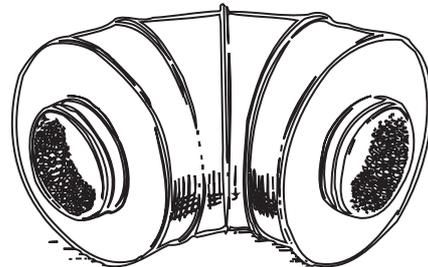


### Wo sollte mit Dämmmaterial ausgekleidet werden?

Die Antwort liegt auf der Hand – dort, wo das Material in Kontakt mit den meisten Schallwellen kommt. Schall, der sich durch eine lange, gerade nicht isolierte Rohrleitung bewegt, wird durch Reflektion an den Rohrleitungswänden entlang geleitet. Das Dämmmaterial bringt hier einen geringeren Nutzen als in einem Bogen, einer Ansaug- oder Druckluftkammer oder in einer geraden Rohrleitung direkt hinter einem Gebläse, d.h. überall dort, wo es zu einer „turbulenten Schallbewegung“ kommt. Je öfter der Schall auf weiche Oberflächen auftrifft, je mehr Nutzen bringt das Dämmmaterial.



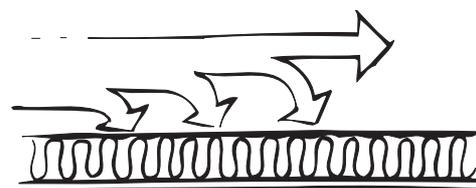
### Warum der gebogene Schalldämpfer BSLU so effektiv ist!



### In gebogenen Schalldämpfern ist das Dämmmaterial konzentriert

Zu der obigen Beschreibung von Schallwellen kann Folgendes ergänzt werden. Wenn sich Schallwellen an einer porösen Oberfläche entlang bewegen, werden sie in Richtung Rohrleitungswand umgelenkt. Dieser Effekt wird Beugung genannt.

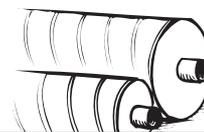
Dies und die Art, wie die Schallfortpflanzung durch Turbulenzen gestört wird, ist der Grund, warum mit gebogenen Schalldämpfern eine hohe Schalldämpfung erreicht werden kann.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18

# Schall

Wie wir aus den Werten von SLU 50 und SLGU 100 ersehen können, variiert die Dämpfung gemäß einiger einfacher Regeln:



Zur Dämpfung niedriger Frequenzen (< 500 Hz) ist dickeres Dämmmaterial erforderlich. – SLGU 100 ist effizienter als SLU 50.

### SLU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11

### SLGU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	10	8	10	16	21	27	24	16
80	600	12	13	19	27	37	50	46	24
80	900	14	18	28	38	50	50	50	33
80	1200	16	23	37	49	50	50	50	42
100	300	5	4	11	14	18	24	20	11

Zur Dämpfung hoher Frequenzen (> 500 Hz) ist dünneres Dämmmaterial ausreichend. – SLU 50 ist genauso effizient wie SLGU 100.

### SLU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11

### SLGU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	10	8	10	16	21	27	24	16
80	600	12	13	19	27	37	50	46	24
80	900	14	18	28	38	50	50	50	33
80	1200	16	23	37	49	50	50	50	42
100	300	5	4	11	14	18	24	20	11

Je länger die Strecke ist, die der Schall über die Absorptionsoberfläche zurücklegen muss, desto höher die Dämpfung. Lange Schalldämpfer ergeben eine höhere Dämpfung als kurze. – SLU mit l = 600 bringt eine höhere Dämpfung als SLU mit l = 300.

### SLU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11

### HINWEIS!

Die Dämpfung ist nicht direkt proportional zur Länge. Dies liegt daran, dass Sie durch Änderung der Querschnittsflächen eine zusätzliche Dämpfung erhalten, und dass bei allen Schalldämpfern, unabhängig von ihrer Länge, zwei solche Querschnittsflächenänderungen vorkommen.

Je geringer der Abstand zwischen den Dämmeroberflächen, desto größer die Dämpfung. Schalldämpfer mit geringem Durchmesser bringen eine höhere Dämpfung als große Schalldämpfer mit großem Durchmesser. – SLU Ø 80 dämpft mehr als SLU Ø 250.

### SLU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11
250	600	3	2	7	13	17	16	8	6
250	900	3	4	8	20	26	23	10	8
250	1200	4	5	9	26	35	30	12	10
315	600	0	2	6	11	14	9	4	5

### SLGU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	10	8	10	16	21	27	24	16
80	600	12	13	19	27	37	50	46	24
80	900	14	18	28	38	50	50	50	33
80	1200	16	23	37	49	50	50	50	42
100	300	5	4	11	14	18	24	20	11
250	900	7	7	15	18	25	23	10	9
250	1200	7	9	20	25	34	30	13	11
315	600	1	4	7	9	12	10	5	6
315	900	2	6	12	14	19	15	7	8
315	1200	2	8	16	18	26	21	9	10
400	600	1	5	5	5	7	4	4	4

### SLBU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpfung in dB bei Frequenz in Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	10	8	10	16	21	27	24	16
80	600	12	13	19	27	37	50	46	24
80	900	14	18	28	38	50	50	50	33
80	1200	16	23	37	49	50	50	50	42
100	300	5	4	11	14	18	24	20	11
315	600	4	6	10	16	22	28	27	18
315	900	5	7	16	23	30	38	32	22
315	1200	7	9	23	30	38	47	37	25
400	600	4	5	7	9	13	16	15	13

# Schall

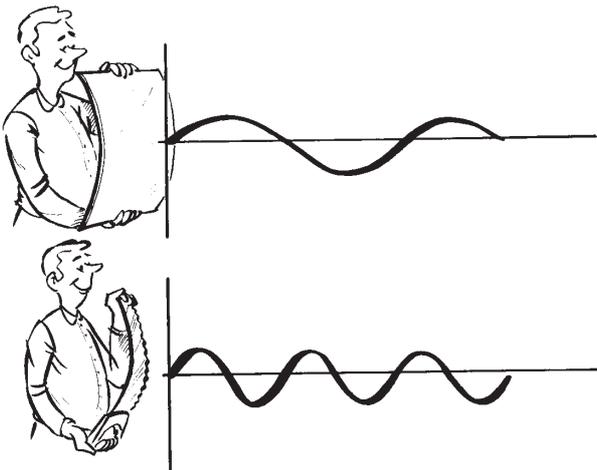
## Die Geräuschfrequenz beeinflusst die Wahl des Schalldämpfers

Wie wir aus den Tabellen oben ersehen können, hängt der Dämpfungsgrad von der Frequenz des Geräuschs ab. Bevor wir uns die Auswahl der Schalldämpfer ansehen, kann es von Vorteil sein, sich näher damit zu beschäftigen, was Frequenz eigentlich ist.

Eine Schallquelle beeinflusst die Umgebungsluft und bringt sie zum Vibrieren. Die Art des Schalls hängt von den Druckvariationen ab, die in der Luft vorkommen.

Nehmen wir einmal an, die Schallquelle ist eine vibrierende Platte – die Druckänderungen, bzw. der Schall haben dann dieselbe Frequenz wie die Vibrationen in der Platte. Die Stärke des Schalls hängt davon ab, wie stark die Platte vibriert, d.h. von der Amplitude der Bewegung. Nehmen wir an, dass:

Bei einem reinen Ton, der nur aus einer einzigen Frequenz besteht, ändert sich der Druck sinusförmig; ein reiner Ton wird daher als sinusförmiger Ton bezeichnet.



Die Eigenschaften der Schallübertragung sind:

- Frequenz ( $f$ ), die in Hertz, **Hz**, ( $s^{-1}$ ) gemessen wird, (und die Häufigkeit pro Sekunde angibt, in der eine neue Schallwelle ankommt).
- Wellenlänge ( $\lambda$ , „Lambda“), die in Metern, **m**, gemessen wird, (und den Abstand zwischen zwei ähnlichen Punkten auf der Kurve angibt).

und

- Schallgeschwindigkeit ( $c$ ) die in **m/s** gemessen wird, (und die Bewegungsgeschwindigkeit der Schallwelle angibt).

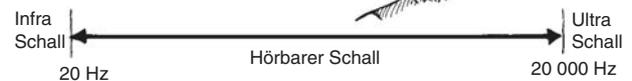
Diese drei Variablen haben folgendes Verhältnis:

$$c = f \cdot \lambda$$

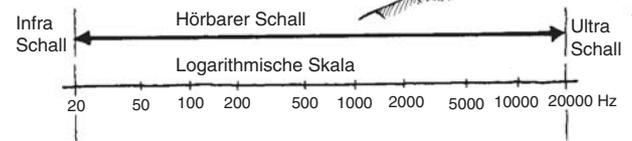
Die Schallgeschwindigkeit in der Luft ist auch eine Funktion aus Druck und Temperatur.

Bei normalem Luftdruck und + 20 °C ist  $c \approx 340$  m/s.

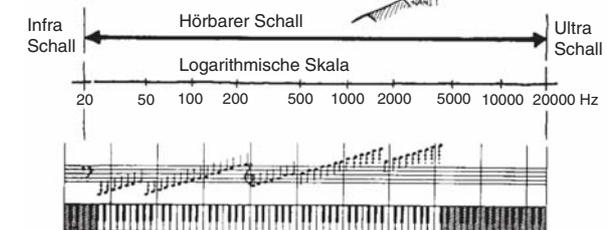
Ein junger Mensch mit normalem Gehör kann Geräusche in Frequenzen von 20-20 000 Hz hören, d.h. (in der Luft) in Wellenlängen von 17 m (bei 20 Hz) bis ca. 17 mm (bei 20 kHz).



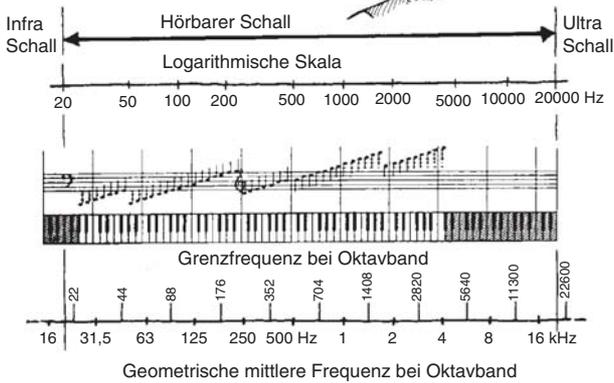
Wir nehmen Veränderungen in der Schallfrequenz auf einer logarithmischen Skala wahr, d.h. es ist die relative Frequenz und nicht der Unterschied in Hz, der bestimmt, wie die Änderung eines Tons wahrgenommen wird. Eine Verdoppelung der Frequenz wird als gleich wahrgenommen, unabhängig davon, ob es sich um eine Veränderung von 100 auf 200 Hz, 1000 auf 2000 Hz oder 10 auf 20 kHz handelt.



Die logarithmische Skala wird meist in Oktaven unterteilt, d.h. in Tonleitern, bei denen der oberste Ton die doppelte Frequenz des untersten Tons hat. Dies war über lange Zeit in der Musik gültig.

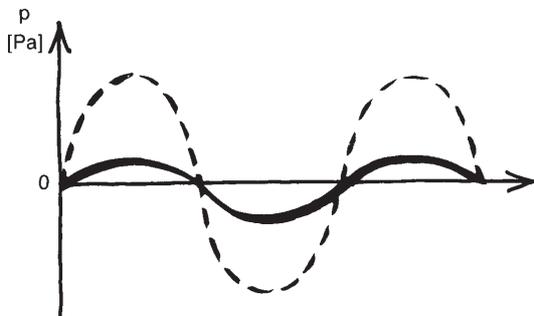


# Schall



## Das Dezibel-Konzept

Je stärker das Geräusch, desto härter kollidieren die Luftpartikel miteinander.



Änderungen im Schalldruck im hörbaren Bereich können innerhalb breiter Grenzen variieren. Einige Geräusche sind so schwach, dass wir sie nicht hören können. Die so genannte **Hörgrenze** ist von der Frequenz abhängig und beträgt 20  $\mu$ Pa bei ca. 1000 Hz .

Andere Geräusche sind so laut, dass wir Gehörschäden riskieren. Die **Schmerzgrenze**, der Schalldruck, der Schmerzen in unseren Ohren verursacht, ist ebenfalls von der Frequenz abhängig, liegt jedoch bei 20 Pa bei 1000 Hz. Das bedeutet, dass dieses Geräusch eine Million Mal lauter ist als das schwächste Geräusch, das wir wahrnehmen können.

Außerdem nehmen wir Änderungen im Schalldruck auf einer logarithmischen Skala wahr. Es wurde ein **Schallpegelkonzept** entwickelt, um Vergleichswerte auszudrücken, bei dem **Dezibel (dB)** als Einheit verwendet wird.

Die **dB** Einheit, die in vielen unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet wird, wird allgemein wie folgt definiert:  $10 \cdot \log (X/X_0)$ , wobei X die gemessene Einheit ist, d.h. der

Schalldruck, und  $X_0$  der Referenzpegel ist, der mit denselben Einheiten ausgedrückt wird. Das Verhältnis von  $X/X_0$  ist daher dimensionslos. Stattdessen wird der Referenzpegel angegeben, auf dessen Grundlage die dB-Einheit spezifiziert wird. Das bedeutet, dass Sie üblicherweise den Pegel als **dB (über  $X_0$ )** ausdrücken.

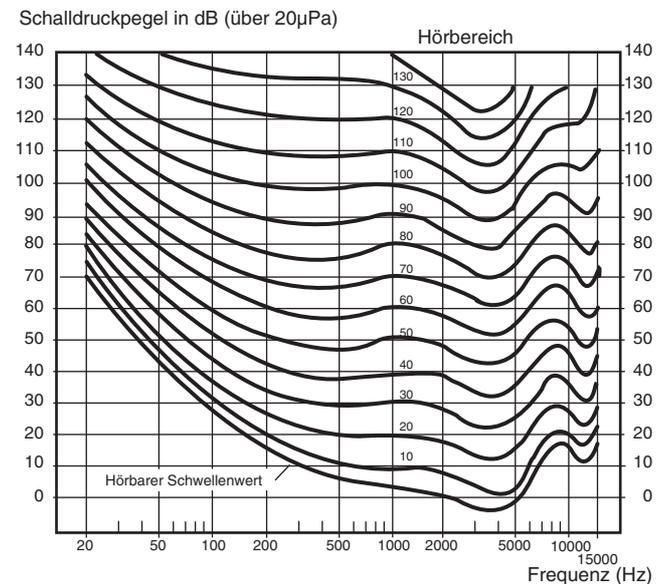
## Unsere Geräuschwahrnehmung

Wir reagieren unterschiedlich auf zwei Geräusche, die denselben Schalldruckpegel aber unterschiedliche Frequenzen haben.



Diagramme, die angeben, wie Menschen Geräusche unterschiedlicher Stärke und Frequenz wahrnehmen, wurden mithilfe von Daten von zahllosen Versuchspersonen erstellt. Diese so genannten **Hörpegel** Kurven werden durch den Schalldruckpegel für jede Kurve bei einer Frequenz von 1 kHz angegeben. Die Einheit, die für die Kurven verwendet wird, ist **phon**.

## Hörpegelkurven

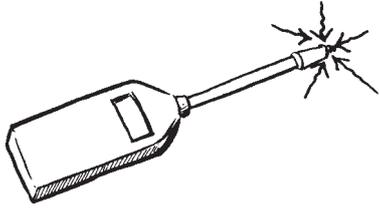


Beispiel:

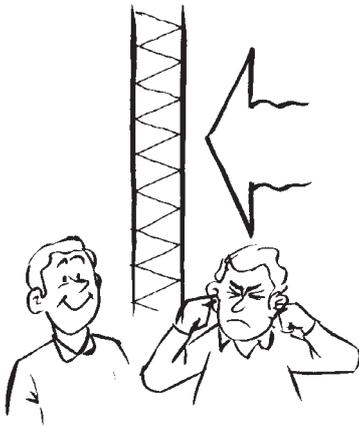
**Ein Schalldruckpegel 70 dB bei 50 Hz wird normalerweise als genau so laut empfunden wie 50 dB bei 1000 Hz.**

# Schall

## Schallpegel

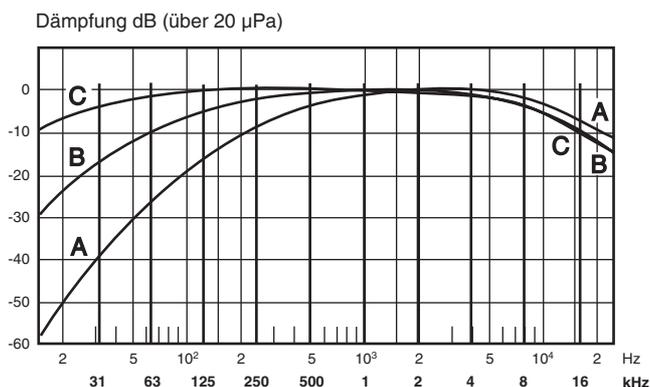


Es wurden unterschiedliche Methoden verwendet, um die Störung zu vergleichen, die durch zwei unterschiedliche Geräusche verursacht wird und mit denen die Geräuschwahrnehmung des Ohrs veranschaulicht wird.



Am einfachsten ist das Vergleichen ihrer „gewichteten“ Schallpegel. Das ankommende Geräusch wird in einem elektronischen Filter gefiltert, um die Komponenten, in erster Linie Niederfrequenzkomponenten, zu reduzieren, auf die das Ohr nicht so empfindlich reagiert und die Komponenten zwischen 1 und 4 kHz zu verstärken, auf die wir am empfindlichsten reagieren.

Schallmesser sind meist mit drei Elektronikfiltern ausgestattet, mit A-, B- und C-Filtern. Heutzutage wird hauptsächlich der A-Filter verwendet, bei dem das Ergebnis als „gewichteter“ **Schallpegel in dB (A)** ausgedrückt wird



## Die Wahl des richtigen Schalldämpfers

In einem Ventilationssystem ist der Ventilator die Hauptgeräuschquelle, aber auch die Wahl von ungeeigneten Rohrleitungskomponenten und Raumeinheiten kann zu Geräuschbelästigungen führen:

$$L_w = 40 + 10 \cdot \log q + 20 \cdot \log p_t \text{ dB (über 1 } \mu\text{W)}$$

$q$  = Luftstrom (in m<sup>3</sup>/s) durch das Gebläse

$p_t$  = gesamter Druckanstieg (in Pa) im Gebläse

40 = „spezifischer Schalleistungspegel“, der den Wirkungsgrad des Gebläses an seinem Einsatzort berücksichtigt und die SI-Einheiten  $q$  und  $p_t$  mit einbezieht.

Die Geräusche, die durch den Ventilator verursacht werden, müssen im Luftleitungssystem an einem Punkt vor der Raumeinheit gedämpft werden. Ein Teil der Dämpfung erfolgt „natürlich“, die Beispiele wurden oben genannt. Die Dämpfung reicht jedoch häufig nicht aus, daher muss das Luftleitungssystem mit zusätzlichen Schalldämpfern ausgestattet werden: in der Hauptleitung in der Nähe des Ventilators zum Reduzieren des Ventilatorgeräusches, in den Abzweigungen bzw. direkt in den Abzweigungen, zur Schalldämpfung besonders empfindlicher Bereiche.

In den Luftleitungen sollte eine geringe Luftgeschwindigkeit herrschen, um störende Geräusche in den Räumen zu verhindern.

- Die Verdoppelung der Luftgeschwindigkeit entspricht einem Anstieg des Geräuschpegels um 12 dB.

Geringe Luftgeschwindigkeiten senken zudem die Betriebskosten.

- Bei einer bestimmten Luftgeschwindigkeit muss die Ventilatorleistung als Quadrat der Luftgeschwindigkeit erhöht werden.

In diesem Beispiel zeigt die Berechnung, dass die befindliche Dämpfung im Luftleitungssystem nicht ausreichend ist. Aus der Tabelle ist zu sehen, dass mehr Dämpfung erforderlich ist. Welchen Schalldämpfer soll man wählen?

### Beispiel

Rohr Ø315



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Vorher	X	X	X	X	X	X	X	X	dB
Nachher	X	X	X	X	X	X	X	X	dB
Unterschied	1	4	8	13	20	16	7	7	dB

Lindab verfügt über ein breites Sortiment an Schalldämpfern mit unterschiedlichen Eigenschaften und Abmessungen. Lassen Sie uns sehen, welches Modell passen könnte!

# Schall

SLU 50	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
600	0	2	6	11	14	9	4	5
900	1	3	7	16	22	12	6	7
1200	1	3	8	22	30	16	7	9

Dies ist der naheliegende Schalldämpfer, daher sollte die längste Variante, 1200 mm, gewählt werden, um den Anforderungen zu entsprechen. Die Abweichung im 125 Hz Band, 1 dB, ist gering und wird nicht bemerkt werden. Dies ist eine der möglichen Alternativen!

SLGU 100	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
600	1	4	7	9	12	10	5	6
900	2	6	12	14	19	15	7	8
1200	2	8	16	18	26	21	9	10

Dieser Schalldämpfer verfügt über eine dickere Dämmschicht (100 mm anstelle von 50 mm) und ist daher besser für die Niedrigfrequenzdämpfung geeignet, hat jedoch auch einen größeren Außendurchmesser als der SLU 50. Um den Anforderungen gerecht zu werden, sollten Sie die längere Variante mit 900 mm wählen. Die Abweichungen im 500 und 1k Hz Band, 1 dB, sind gering und werden nicht bemerkt werden. Dies ist eine weitere der möglichen Alternativen!

SLBU 100	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
600	4	6	10	16	22	28	27	18
900	5	7	16	23	30	38	32	22
1200	7	9	23	30	38	47	37	25

Dieser Schalldämpfer hat die gleiche Stärke an Dämmmaterial wie SLGU 100 (100 mm), verfügt aber auch über eine 100 mm dicke Kulisse, die für eine höhere Dämpfung sorgt (aber auch den Druckverlust über den Schalldämpfer erhöht). Wenn Sie die kürzeste Variante, 600 mm, wählen, werden Sie den Anforderungen gerecht. Der Schalldämpfer deckt alle Oktavbänder gut ab. Aber es gibt noch eine weitere Alternative.

Die letzte zur Auswahl stehende Alternative wird durch andere Überlegungen bestimmt:

- **SLU 50 1200**  
wenn es in Längsrichtung genügend Platz gibt (und seitlich Platzmangel herrscht).
- **SLGU 100 900**  
kürzer, benötigt jedoch seitlich mehr Platz.
- **SLBU 100 600**  
Wenn der Platz in Längsrichtung begrenzt ist und ein geringer Anstieg im Gesamtdruckverlust keine Rolle spielt, z.B. in einer Rohrleitungsabzweigung, in der ein Teil des verfügbaren Drucks beim Einstellen des Luftstroms sowieso begrenzt werden muss.

Entscheiden Sie, wie zuverlässig die Werte in der Schallberechnung sind und wählen Sie einen Schalldämpfer mit entsprechender Sicherheitstoleranz. Es ist immer teurer und schwieriger, im Nachhinein Schalldämpfer einzubauen, wenn diese nicht von Anfang an installiert werden. Wenn die Anwender anfangen, sich über den Lärm zu beklagen, ist es schwierig, sie vom Gegenteil zu überzeugen!

Sie finden die Produkte im Kapitel Schalldämpfer.