KELLER
Maßstab für reine Luft

Maßstab für reine Luft

Wissenswertes über Schallemissionen und deren Minimierung in Entstaubungsanlagen

Trockenabscheider VARIO mit nebenstehendem Ventilator und Ausblasschalldämpfer

Schallemissionen minimieren – Mitarbeiter schützen

Folgen von Lärm am Arbeitsplatz

Eine ständige Belastung durch Lärm am Arbeitsplatz kann zu Beschwerden und Krankheiten führen. In erster Linie handelt es sich hierbei um Gehörschäden, die oft nicht heilbar sind. Unabhängig von einer angeblichen Gewöhnung an den Lärm können physiologische und psychische Störungen über das vegetative Nervensystem auftreten, die bis zur Arbeitsunfähigkeit führen.

Physiologische und psychische Auswirkungen

Physiologisch

- Kopfschmerzen
- Erhöhung von Stresshormonen
- Verengung der Blutgefäße
- Magen-Darm-Beschwerden
- Schlaflosigkeit

Psychisch

- Ärger
- Anspannung
- Resignation
- Angst
- Nervosität

Leistung

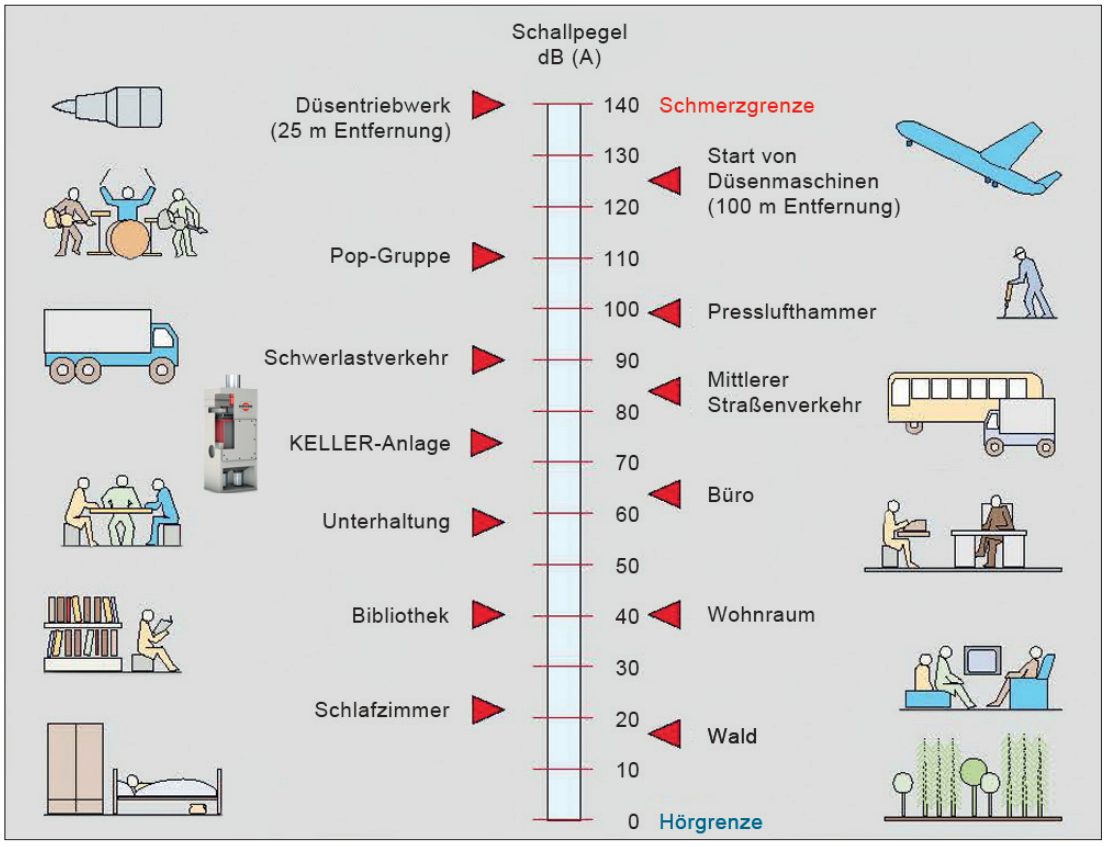
- Minderung der Konzentration
- Ablenkung der Aufmerksamkeit
- Erhöhung der Fehlerhäufigkeit

Schallschutz ist verpflichtend

Bei lufttechnischen Anlagen sind Ventilatoren die Hauptschallquellen, da bei den Strömungsvorgängen ein geringer Bruchteil der eingesetzten Energie in Schallleistung umgewandelt wird. Um die Auswirkungen der Schallemissionen erfolgreich einzuschränken, steigen die Anforderungen und Auflagen an Anlagenhersteller und Betreiber. Werden zulässige Grenzwerte nicht eingehalten, drohen erhebliche Nachrüstkosten. Wir von Keller Lufttechnik unterstützen gerne mit unserem Fachwissen und unserer Erfahrung, um die richtigen Maßnahmen zu treffen und Mitarbeiter zu schützen.

Einordnung von Schallpegeln

Das Schaubild zeigt verschiedene Schallquellen und die dazugehörigen Schallpegel. Die Schallpegel von Entstaubungsanlagen variieren, je nach Anwendungsfall, zwischen 70 und 90 dB(A) in 1 m Abstand



Gesetzliche Anforderungen

Richtlinien beachten

Schallschutz und Akustik wird in einer Vielzahl von Regelwerken behandelt. Hier eine Aufstellung der unserer Meinung nach für lufttechnische Anlagen und Geräte maßgebenden Richtlinien:

Allgemeine Richtlinien
DIN EN ISO 80000-8: „Akustik, Größen und Einheiten“ 2008-01
DIN 45630-1: „Grundlagen der Schallmessung,…“ 1971-12
DIN 45641: „Mittelungspegel und Beurteilungspegel“ 1990-06
Richtlinien zur Schallemission
DIN 45635-38: „Geräuschmessung…, Ventilatoren“ 1986-04
DIN EN 3744: „Bestimmung der Schallleitungspegel..." 2011-02
Richtlinien zur Schallimmission allgemein
DIN 45645-2: T1 und T. 2: „Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels…“ 12-09

Richtlinien zur Schallimmission am Arbeitsplatz
Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) vom 20.3.75, geändert 30.11.2016
Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) vom 06.03.2007, geändert 15.11.2016
VDI 2058 Bl. 2 und Bl. 3 (8.2014): „Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz…“
Richtlinie 86/188/EWG: vom 12.5.1986 „Schutz der Arbeitnehmer…“
Richtlinien zur Schallimmission in der Nachbarschaft
VDI 3723 Bl. 2: „Kennzeichnung schwankender Geräuschimmissionen, ...“
Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) vom 16.7.1968, geändert 1998
VDI 2058 Bl. 3: „Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz ...“

Richtwerte einhalten

Die Richtwerte sind für sechs Gebietszonen vom „reinen Industriegebiet“ bis zum „Kurgebiet“ abgestuft. In der Praxis wird die Unterschreitung der Richtwerte als Bestandteil der Betriebsgenehmigung auferlegt.

Richtwerte	Gebietszonen	Tag (6:00 - 22:00 Uhr)	Nacht (22:00 - 6:00 Uhr)
Im Freien TA Lärm (6.1, a bis f)	Industriegebiete	70 dB(A)	70 dB(A)
	Gewerbegebiete	65 dB(A)	50 dB(A)
	Kern-, Dorf- und Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)
	Allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	55 dB(A)	40 dB(A)
	Reine Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)
	Kurgebiete, Krankenhäuser	45 dB(A)	35 dB(A)
Im Gebäude VDI UVV	Wohnräume	35 dB(A)	25 dB(A)
	Rundfunkstudios	15 dB(A)	
	Büroräume	40 dB(A)	
	Werkhalle	< 85 dB(A)	

Beurteilungspegel für Immissionsrichtwerte in Gebietszonen und Gebäuden

Praxisbeispiel:
Beim Betrieb eines Nassabscheiders im Gewerbebetrieb gilt im Ein- oder Zweischichtbetrieb der Richtwert von 65 dB(A). Führt das Unternehmen den Dreischichtbetrieb ein, ändert sich der einzuhaltende Richtwert auf 50 dB(A).

Schalltechnische Grundlagen

Schall, Dezibel, Frequenz

Unter Schall versteht man Schwingungen materieller Teilchen im Frequenzbereich des menschlichen Ohres von etwa 20 bis 20.000 Hz. Schall wird in Dezibel ("dB") gemessen, einem auf das Empfindungsvermögen des menschlichen Ohres abgestimmten Messwert. Man unterscheidet zwischen Luftschall, Körperschall und Wasserschall.

Frequenzen unter 20 Hz werden mit Infraschall, solche über 20.000 Hz mit Ultraschall bezeichnet. Hat der Schall eine sinusförmige Schwingung, so nennt man ihn Ton. Die Frequenz ist ein Maß für die Höhe eines Tones oder Geräusches.

Pegel

Unter einem "Pegel" versteht man das Verhältnis zwischen einer Größe und einer Bezugsgröße. Die Angabe des Verhältnisses erfolgt in einem logarithmischen Maß (Beispiel siehe "Schalldruckpegel").

Schalldruck und Schalldruckpegel (Schallpegel)

Der Schalldruck p(t) ist ein örtlicher Wechseldruck, der sich dem sogenannten Ruhedruck (atmosphärischer oder hydrostatischer Druck) überlagert. Er ist eine zeitabhängige Größe. Für Berechnungen wird der Effektivwert p verwendet.

Er kann mit einem entsprechenden Meßgerät direkt gemessen werden, ist jedoch von den örtlichen Gegebenheiten – z.B. Abstand zur Schallquelle, Absorptions- und Reflexionsverhältnisse – abhängig.

Das menschliche Gehör nimmt bei einer Frequenz f = 1.000 Hz Schalldrücke von $P_0 = 20.10^{-6}$ Pa (ungefähre Hörschwelle) bis p = 20 Pa (Schmerzgrenze) wahr. Das entspricht einem Bereich von 6 Zehnerpotenzen. Zur bequemeren Darstellung wurde deshalb der Schalldruckpegel L_p eingeführt, der durch folgende Gleichung definiert ist:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_o^2} (dB) = 20 \lg \frac{p}{p_o} (dB)$$

Mit $P_0 = 20.10^{-6}$ Pa

Schallleistung und Schallleistungspegel

Die Schallleistung W ist die von der Schallquelle pro Zeiteinheit abgestrahlte Schallenergie. Die Einheit der Schallleistung ist Watt (W). Die Schallleistung von praktischen Lärmquellen umfasst einen Bereich von 10 Zehnerpotenzen, deshalb wurde analog zum Schalldruckpegel der Schallleistungspegel L_W eingeführt. Er ist definiert durch eine Gleichung:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{Wo} dB$$

Mit: $W_0 = 10^{-12}$ W

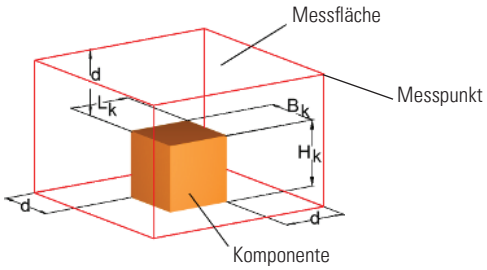
Die Umrechnung vom Schalldruck- in den Schallleistungspegel erfolgt über die Messfläche. Sie ist eine gedachte Hüllfläche, die den Messgegenstand umhüllt und an reflektierenden Ebenen endet. Auf ihr liegen die Messpunkte.

Für die Umrechnung benötigt man das Messflächenmaß L_S. Es ist gegeben durch die Gleichung:

$$L_s = 10 \lg \frac{S}{So} dB$$

S = Messflächeninhalt

S_0 = Bezugflächeninhalt = 1 m^2



Messpunkt und Messfläche in einer Komponente

Die Umrechnung vom Schalldruck- in den Schallleistungspegel lautet: $L_W = L_p + L_S$

Der Schallleistungspegel ist in der Regel größer als der Schalldruckpegel.
(Ist die Messfläche < 1 m^2, so ist $L_S < 0$ und somit $L_W < L_p$).

Schalltechnische Grundlagen

Frequenzbänder

Geräusche und akustische Eigenschaften einer Maschine lassen sich besser charakterisieren, wenn eine Unterteilung des interessierenden Frequenzbereichs in Frequenzbänder erfolgt.

In der Regel unterscheidet man zwischen Oktav- und Terzbändern. Zwischen der oberen Grenzfrequenz f_o und der unteren f_u, sowie der Bandmittenfrequenz f_m bestehen folgende Beziehungen:

- für Oktavbänder: $fo = 2fu$
- für Terzbänder: $fo = \sqrt[3]{2}\, fu$
- für Oktav- und Terzbänder:

$$fm = \sqrt{fo \times fu}$$

Die Mittenfrequenzen wurden international festgelegt und zwar:

- für Oktavbänder: 31,5; **63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000;** 16000 Hz (fett markiert: Standardangaben für Schalldatenblatt)
- für Terzbänder: 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315 Hz – mit Wiederholung der gleichen Ziffernreihe in jeder Frequenzdekade.

Die Zahlen entsprechen der Normzahlenreihe.

Mit Hilfe von elektrischen Filtern lassen sich Schalldruckpegel in den jeweiligen Frequenzbändern ermitteln.

Die je Oktave bzw. je Terz ermittelten Größen erhalten den Index „Okt" bzw. „Terz", z. B. $L_{w\,Terz}$; $L_{p\,Okt}$

Pegeladdition und Pegelsubtraktion

Wenn aus Teilpegeln L_i ein Summenpegel L zu bilden ist, wird nach folgender Formel gerechnet:

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1\,Li}\ \text{dB}$$

Diese Formel ist zu benutzen:

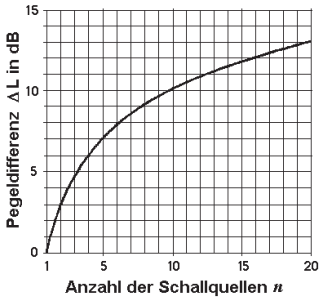
- wenn ein vorgegebenes Terzpegelspektrum in das zugehörige Oktavpegelspektrum umgewandelt werden muss,
- wenn aus einem Oktav- oder Terzpegelspektrum der Gesamtpegel zu ermitteln ist,
- wenn der Summenpegel mehrerer an einem Ort gleichzeitig wirkender Geräusche zu bestimmen ist, deren Einzelpegel dort bekannt ist,
- wenn aus den Schallleistungspegeln von Einzelquellen der Leistungspegel der Gesamtanlage zu berechnen ist,
- wenn der Einfluß eines Störpegels auf den gemessenen Geräuschpegel zu ermitteln ist,
- wenn aus einem unbewerteten Pegelspektrum der zugehörige bewertete Gesamtpegel zu bilden ist. Dabei ist zuerst zum unbewerteten Spektrum in den einzelnen Frequenzbändern die A-Bewertung vorzeichengerecht zu addieren.

Pegeladdition und Pegelsubtraktion können auch mit den dargestellten Diagrammen durchgeführt werden.

a) Addition zweier Schallpegel

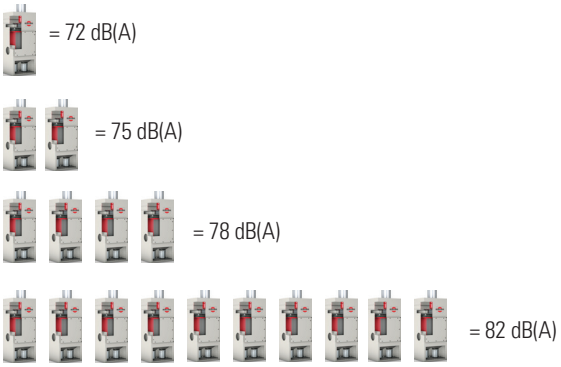
b) Subtraktion zweier Schallpegel

c) Addition mehrerer gleicher Schallpegel



Beispiel

VARIO 1 eco als Schallquelle
4 VARIO 1 eco je 72 dB(A)
Pegelzunahme L+ = 6 dB
L_{ges} = 72 dB (A) + 6 dB = **78 dB(A)**



Pegelzunahme bei Pegeladdition

Pegelmittelung

Der örtliche und zeitliche Mittelwert aus mehreren gemessenen Pegeln einer Schallquelle ist nach folgender Formel zu bilden:

$$L = 10\,lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1\,Li}\right) dB$$

Diese Formel gilt auch für die Berücksichtigung der Druckluftimpulse unserer Filterabreinigung.

Schallemission, Schallimmission und Schallausbreitung

Zwei wichtige Grundbegriffe zur Einteilung von Geräusch-Messverfahren und Geräusch-Vorschriften sind die:

- Schallemission (Ausstrahlung) und die

- Schallimmission (Einwirkung)

Die Schallemission ist die Ursache der Schallimmission (siehe Bild).

Die Ausbreitung des Schalls erfolgt von der Emission zur Immission.

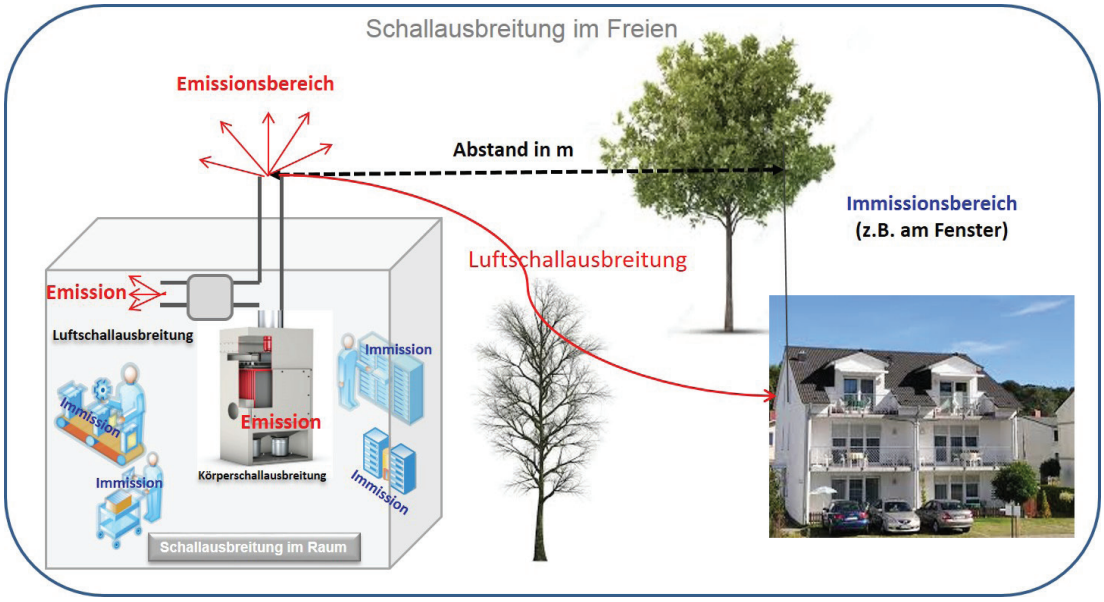
Für die Schallausbreitung gilt

- bei Freifeldbedingungen:

Man bekommt pro Abstandsverdoppelung eine Schalldruckpegelabnahme von etwa 6 dB!

- in Räumen:

Die Pegelabnahme ist entsprechend den schalltechnischen Gegebenheiten kleiner 6 dB!



Schallemission, -immission und -ausbreitung

Unsere Schallschutz-Lösungen

Schallschutz

Schallschutz-Einrichtungen sind periphere Anlagenkomponenten, die heute bei den meisten lufttechnischen Anlagen zum Einsatz kommen. Keller Lufttechnik verfügt über eine umfangreiche Produktpalette.

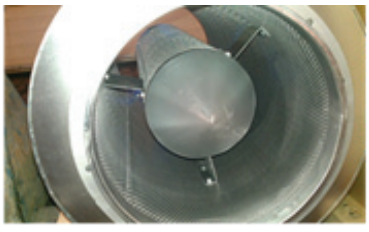
Trockenabscheider VARIO mit Funkenabscheider und nebenstehendem Ventilator mit Ausblasschalldämpfer

Schalldämpfer

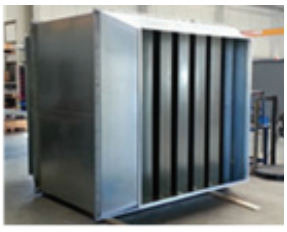
Grundsätzlich kommen in der Luftreinhaltung folgende Typen von Schalldämpfern zum Einsatz:

- Rohrschalldämpfer
- Runde Schalldämpfer mit Kern- oder Ringkulissen
- Eckige Kulissenschalldämpfer (auch als tragende Einheit für Abluftkamine)

Rohrschalldämpfer



Runder Schalldämpfer mit Ringkulissen



Kulissenschalldämpfer

Gehäuseschall-dämmung

Insbesondere bei Ventilatoren kommen schalldämmende Umhausungen für Einzelgeräte, schalldämmende Aggregateräume oder doppelschalige Gehäuse zum Einsatz. Der Schallabsorptionsgrad der Wand ist abhängig vom Absorptionsmaterial, von dessen Dicke und von der Frequenz.

Umhausung möglichst gut abdichten

Sind bei einer Maschinenumhausung noch 10% der Fläche offen, kann theoretisch maximal eine Pegelabsenkung von 10 dB erzielt werden. Bei 1% sind es 20 dB. Bei 0,1% sind es 30 dB und bei 0,01% sind es 40 dB usw.

Bei Umhausungen müssen daher selbst kleinste Öffnungen abgedichtet werden, um eine gute Pegelabsenkung erreichen zu können. Die Abdichtung muss so ausgeführt sein, dass keine Körperschallübertragung auf die Umhausung möglich ist.

Umhausung eines Ventilators

Körperschall-dämmung

Um die Übertragung von Körperschall zu vermeiden setzt man flexible Rohrleitungsverbindungen oder Schwingungskompensatoren bzw. -isolatoren aus Stahlfedern oder Gummi-Metall-Verbindungen ein.

Flexible Rohrleitungsverbindungen

Schwingungsisolator aus Stahlfedern

Unsere Schallschutz-Lösungen

Für den Arbeitsplatz

Hier bieten wir eine eigenständige Produktpalette an:

- Arbeitskabinen mit schalldämpfender Auskleidung
- Arbeitstische mit schalldämpfender Auskleidung
- Schalldämmende und schallabsorbierende Stellwände

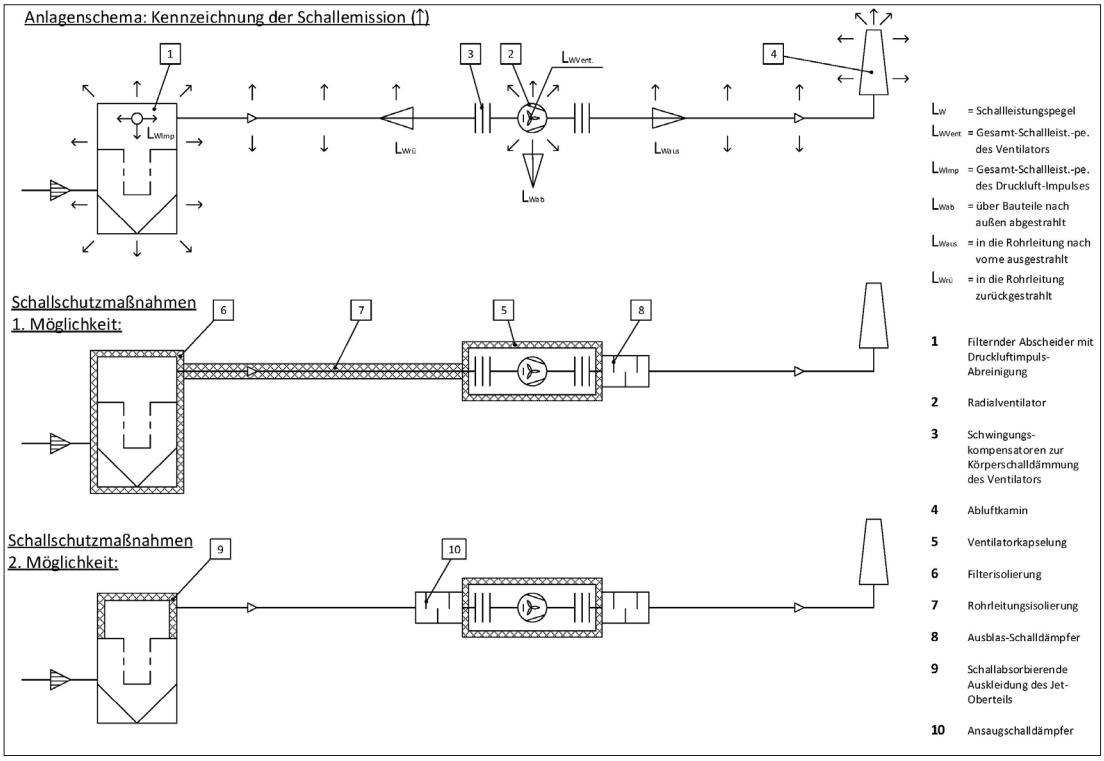
Durch diese Einrichtungen können lärmintensive Arbeitsplätze von ruhigeren wirksam getrennt werden. Die Kabinen und Tische bieten wir mit integrierter oder externer Ventilator-Entstaubereinheit an. Bei den meisten Abscheidern sind die Ventilatoren ins Gerätegehäuse integriert. Durch eine spezielle Konstruktion wird mit eingesetzten Schalldämpfern und einer schwingungskompensierenden Lagerung die Gehäuse- und Körperschallabstrahlung, wie auch die Schallaustrahlung aus der Reingasaustrittsöffnung wirksam vermindert. Außerdem haben wir für frei ausblasende Geräte Aufsatzschalldämpfer, die die Schallemission nochmals erheblich reduzieren.

Arbeitskabine

Auswahl geeigneter Schallschutzmaßnahmen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten einen bestimmten Sollwert für eine Filteranlage zu erreichen. Der wirtschaftliche Aspekt entscheidet. Es liegt am Schallschutzfachmann die zweckmäßigste, d.h. kostengünstigste Kombination zu erarbeiten. In der Regel ist der Ablauf folgendermaßen:

1. Ermittlung des zulässigen Immissionswertes anhand von Vorschriften, Verordnungen, Vertragsvereinbarungen usw.
2. Berechnung des zulässigen Emissionswertes (Sollwert) der Anlage über Entfernung, Abstrahlcharakteristik und Umgebungsbedingungen.
3. Ermittlung der Schallemissionen der einzelnen Geräuschquellen (Berechnungen oder Messungen).
4. Berechnung der gesamten Anlagenschallemission (Istwert).
5. Soll-Istwert-Vergleich und Festlegung der erforderlichen Schallschutzmaßnahmen (z.B. Umhausungen, Schalldämpfer, Isolierung usw.) anhand der Einzelemissionen.
6. Dimensionierung der erforderlichen Schallschutzmaßnahmen (Einfügungsdämmmaße, Abmessungen).



Auslegungsbeispiel mit unterschiedlichen Schallschutzmaßnahmen

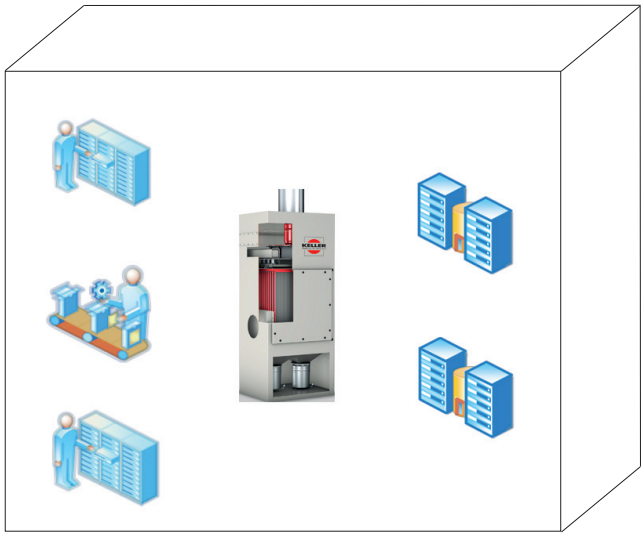
Bedeutung des Aufstellungsorts für den Schallpegel

Standardmäßig werden Schalldaten für Keller-Anlagen gemäß der international geltenden Norm DIN EN ISO 3744 für Freifeldbedingungen angegeben. Freifeldbedingungen liegen dann vor, wenn es keine Schallreflexionen gibt. In Räumen treten Reflexionen auf; deshalb sind die Schallpegel dort erhöht. Die Höhe der Pegel hängt von den raumakustischen Verhältnissen ab.

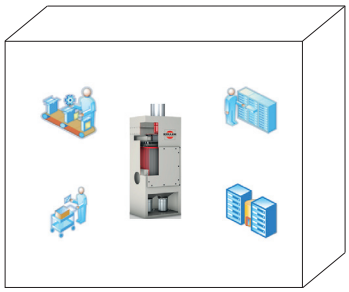
Beispiel für unterschiedliche Schallwerte derselben Schallquelle (VARIO 1 eco) je nach Aufstellungsort

a) Bei Aufstellung **im Freien** (Freifeldbedingungen nach DIN EN ISO 3744) werden an der Frontseite eines VARIO 1 eco **LpA = 72 dB(A)** in 1 m Abstand gemessen.

b) Bei Aufstellung **in einem großen Raum** (+3 dB Raumkorrektur) werden an der Frontseite eines VARIO 1 eco **LpA = 75 dB(A)** in 1 m Abstand gemessen.



c) Bei Aufstellung **in einem kleinen Raum** (+5 dB Raumkorrektur) werden an der Frontseite eines VARIO 1 eco **LpA = 77 dB(A)** in 1 m Abstand gemessen.



Schallschutz für Entstaubungsanlagen

Projektberatung

Die Systemanalyse und die Beurteilung ihrer Entstaubungsanlage hinsichtlich der zu erwartenden Schallimmission, sowohl am Arbeitsplatz als auch in der Nachbarschaft, gehört zum Standard unserer Projektbearbeitung. Nutzen Sie unsere Erfahrung!

Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG
Neue Weilheimer Straße 30
73230 Kirchheim unter Teck
Fon +49 7021 574-0
Fax +49 7021 52430
info@keller-lufttechnik.de
www.keller-lufttechnik.de

© Keller Lufttechnik – alle Rechte vorbehalten. Änderungen vorbehalten. 06/2017