



Schallsituation bei Luft/Wasser-Wärmepumpen

Peter Hubacher dipl. Ing. HTL

**Leiter Ressort Qualitätssicherung bei der Fördergemeinschaft
Wärmepumpen Schweiz FWS**

Hubacher Engineering, Tannenbergrasse 2, 9032 Engelburg



Schall bei Wärmepumpen

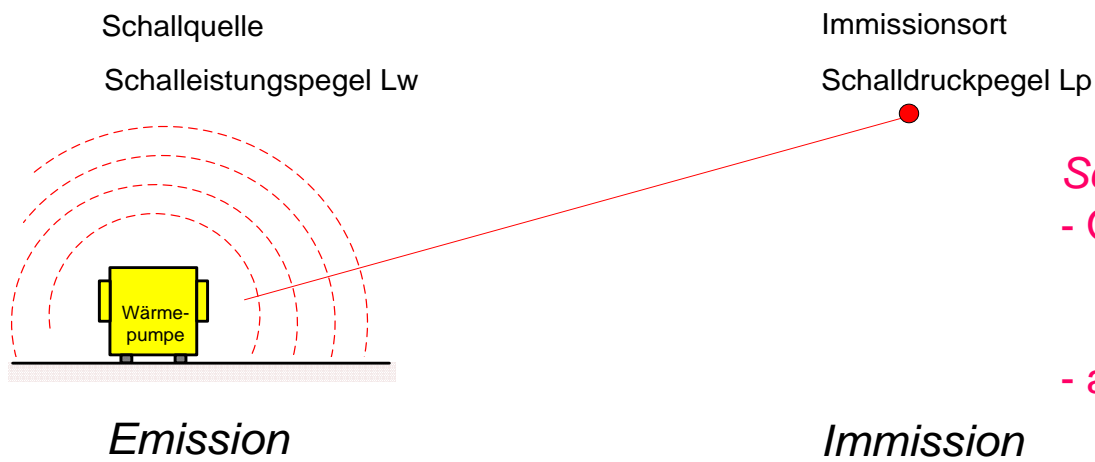
- Akustische Grundlagen
- Schallemissionen bei Wärmepumpen
 - Grenzwerte und Anforderungen
 - Lärmschutzverordnung LSV
 - SIA Schallschutz im Gebäude
 - Faktenblatt Cercle bruit
- - Lärmursachen und Übertragungspfade
- - Aufstellungshinweise und Beispiele
- - Schallminderungsmaßnahmen
- - Wartungshinweise
- Kontrollmessungen



Schalleistungspegel L_w – Schalldruckpegel L_p

Schalleistungspegel L_w

- Eigenschaften der Wärmepumpe
- unabhängig von Umgebungsverhältnissen
- gesamte Schall-Emission in alle Richtungen
- Beurteilungsgrösse für Schallquellen (WP)
- Herstellerangaben



Schalldruckpegel L_p

- Orientierendes Mass für empfundene Lautstärke am Ohr
- abhängig vom Messort (Immission am Standort)
- abhängig vom Abstand und Umgebungsverhältnissen
- Beurteilungsgrösse für die Immission von Einzelanlagen



Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft

Lärmschutzverordnung [LSV] regelt in der Schweiz die Ermittlung und Beurteilung der Aussenlärmimmissionen anhand von Belastungsgrenzwerten.

- Lärmimmissionen, verursacht durch Wärmepumpen, werden nach Anhang 6 der LSV beurteilt.
- Für ortsfeste Neuanlagen oder Ersatz bestehender Anlagen (LSV→Artikel 7) sind die Planungswerte massgebend.
- Belastungsgrenzwerte für Industrie- und Gewerbelärm (LSV→Anhang 6)
- Planungswerte L_r in dB(A) für die Nachtzeit (1900 bis 0700 Uhr)
 - Wohnzone (ES II) 45 dB(A)
 - Mischzone (ES III) 50 dB(A)
- Empfindlichkeitsstufe II gilt für Zonen, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind (Wohnzonen, öffentliche Bauten, etc.).
- Empfindlichkeitsstufe III gilt für Zonen, in denen mässig störende Betriebe zugelassen sind (Gewerbezone, etc.).
- Zuständig für beide Stufen sind die Gemeinden.



Grenzwerte für die SIA-Norm 181

Anforderungen für Räume in denen sich Menschen aufhalten (Wohn- und Schlafräume, Büros, etc.)

- Anforderungen an den Schutz gegen die Geräusche von haustechnischen Anlagen in Mehrfamilienhäusern und Bürogebäuden
 - Mindestanforderungen 25 dB(A) bei geschlossenem Fenster



Lärmschutz

Cercle bruit – Vereinigung kantonaler Lärmschutzfachleute



Faktenblatt 1

Lärmtechnische Beurteilung von Luft/Wasser-Wärmepumpen



Cercle bruit hat ein neues Faktenblatt für Luft/Wasser-Wärmepumpen herausgegeben
http://www.cerclebruit.ch/cerclebruit/a_front_d/frameset_d.html
→Vollzugsordner →6.21 Wärmepumpen →Faktenblatt Luft/Wasser-Wärmepumpen



Lärmschutz

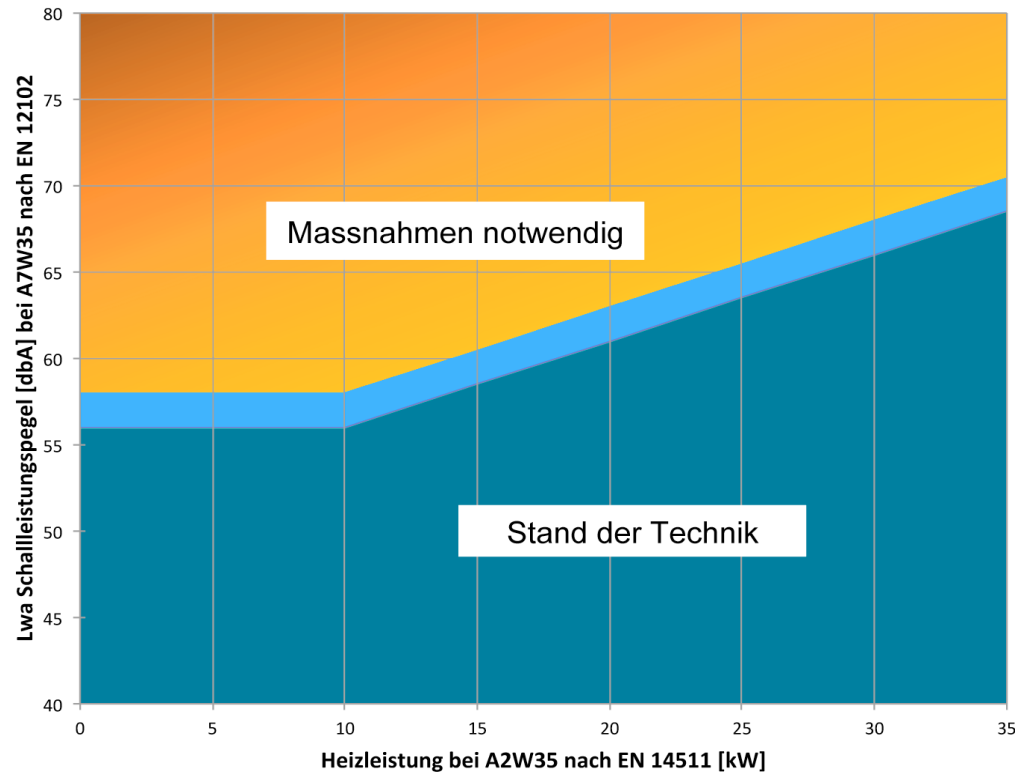
konsequente Umsetzung der LSV ist notwendig

- Gemäss kantonalen Schätzungen gibt es etwa bei 3% der Anlagen Probleme
- Mit den Vorgaben und Empfehlungen dieses Faktenblatts (Cercle bruit) werden die Vorschriften gegenüber der bisherigen Praxis verschärft.
 - Für die Beurteilung wird der massgebende Schalleistungspegel nach dem sog. Stand der Technik bestimmt. Dabei soll der Stand der Technik, der in einer Grafik festgehalten ist, jährlich neu bestimmt werden.
 - Für Kleinanlagen bis 10 kW Heizleistung ist der massgebende Schalleistungspegel heute mit 58 dB(A) für A7W35 nach EN 12102 festgelegt.
 - Es wird von einer die ganze Nacht laufenden Wärmepumpe ausgegangen, somit kann hier kein Abzug mehr gemacht werden. (bisher -5 dB).
 - Für Schall dämmende Massnahmen werden die Reduktionen der Pegelwerte angegeben.
- FWS hat mit dem Cercle bruit diskutiert und verhandelt und war mit dem Vorgehen nicht einverstanden, welches in einem Schreiben von FWS an Cercle bruit mitgeteilt wurde. Zumindest wollte man eine Zeiterstreckung (Übergangsfrist) erreichen.



Lärmschutz

Stand der Technik für den Schalleistungspegel



*Schalleistungspegel in Abhängigkeit der Heizleistung
(Stand 2012) gemäss Faktenblatt (Circle bruit).*

*Von den im WPZ gemessenen Maschinen erreichen nur gerade
10% den Wert, der als Stand der Technik definiert wurde.*



Berechnung des Beurteilungswerts nach LSV

Die massgebenden Belastungsgrenzwerte der LSV dürfen nicht überschritten werden. Zur Beurteilung derer Einhaltung dient ein Lärmschutznachweis mittels standardisiertem Formular (Anhang 1). Dabei wird der Beurteilungspegel L_r nach Anhang 6 LSV wie folgt berechnet:

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log\left(\frac{t_i}{t_0}\right)$$

L_r	Beurteilungspegel nach LSV
L_{eq}	A-bewerteter Mittelungspegel am Immissionsort (Messwert oder berechneter Wert)
K1	Pegelkorrektur aufgrund des Anlagetyps
K2	Pegelkorrektur aufgrund der Hörbarkeit des Tongehalts am Immissionsort
K3	Pegelkorrektur aufgrund der Hörbarkeit des Impulsgehalts am Immissionsort
$10 \cdot \log(t_i/t_0)$	Zeitkorrektur
t_i	Durchschnittliche tägliche Dauer der Lärmphase i in Minuten
t_0	720 Minuten

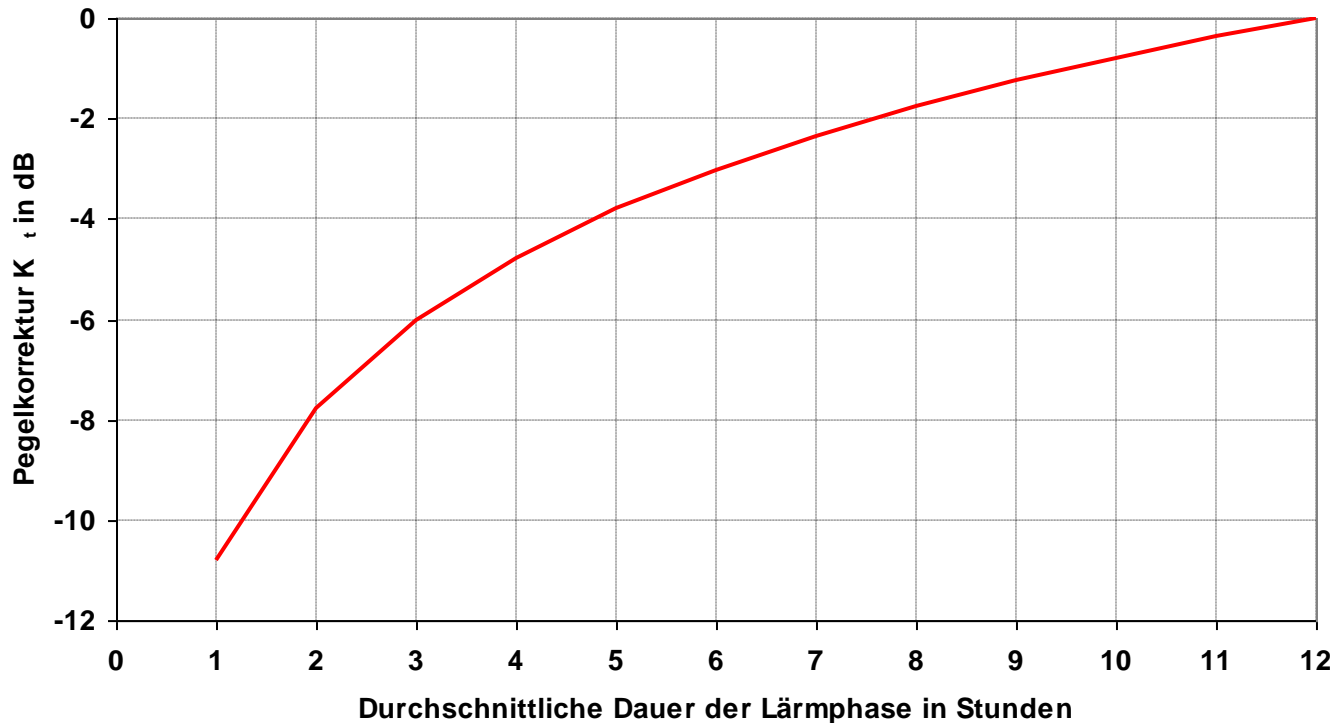
Vorgaben von Cercle bruit:

Folgende Vorgaben sind bei der Planung zu verwenden:

K1	5 dB am Tag und 10 dB in der Nacht
K2	2 dB; schwach hörbarer Tongehalt, 4 dB bei Anlagen mit Schalldämpfern
K3	0 dB; kein Impulsgehalt
$10 \cdot \log(t_i/t_0)$	0 dB, in Folge $t_i = 720$ Minuten (Annahme: Dauerbetrieb, Abweichungen sind zu begründen)



Pegelkorrektur K_t für die Betriebszeit



Für die Berechnung wird 720min (12h) vorgegeben (ganze Nacht).
Abweichungen sind zu begründen!



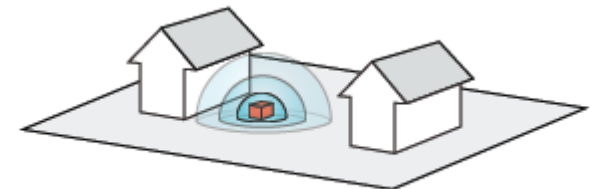
Richtmass D_c Schallausbreitung im Freien

$$L_{eq} = L_{W,A} - 11 + D_c - 20 \cdot \log(s) + 1$$

- L_{eq} A-bewerteter Mittelungspegel in der Mitte der offenen Fenster von lärmempfindlichen Räumen (Messwert oder berechneter Wert)
- $L_{W,A}$ Schalleistungspegel
- D_c Richtwirkungsmass
- $20 \cdot \log(s)$ Abstandsdämpfung
- s Abstand s in Metern zwischen der Wärmepumpe und des massgebenden Fensters (oder Baulinie)
- +1 Korrekturwert für das offene Fenster

Der Schalleistungspegel $L_{W,A}$ der Wärmepumpe ist aus den Prüfergebnissen des WPZ Wärmepumpen-Testzentrums (www.wpz.ch) oder einer analogen Prüfanstalt zu entnehmen. Fehlen diese Angaben, so können die Angaben des Herstellers, sofern die Messung nach EN 12102 durchgeführt wurde, verwendet werden.

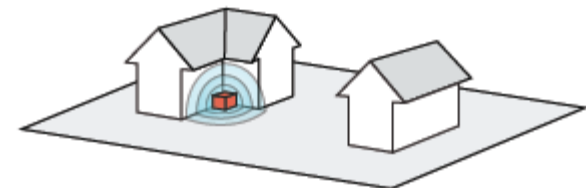
Das Richtwirkungsmass D_c beträgt:



freistehend +3 dB(A)



an der Fassade +6 dB(A)

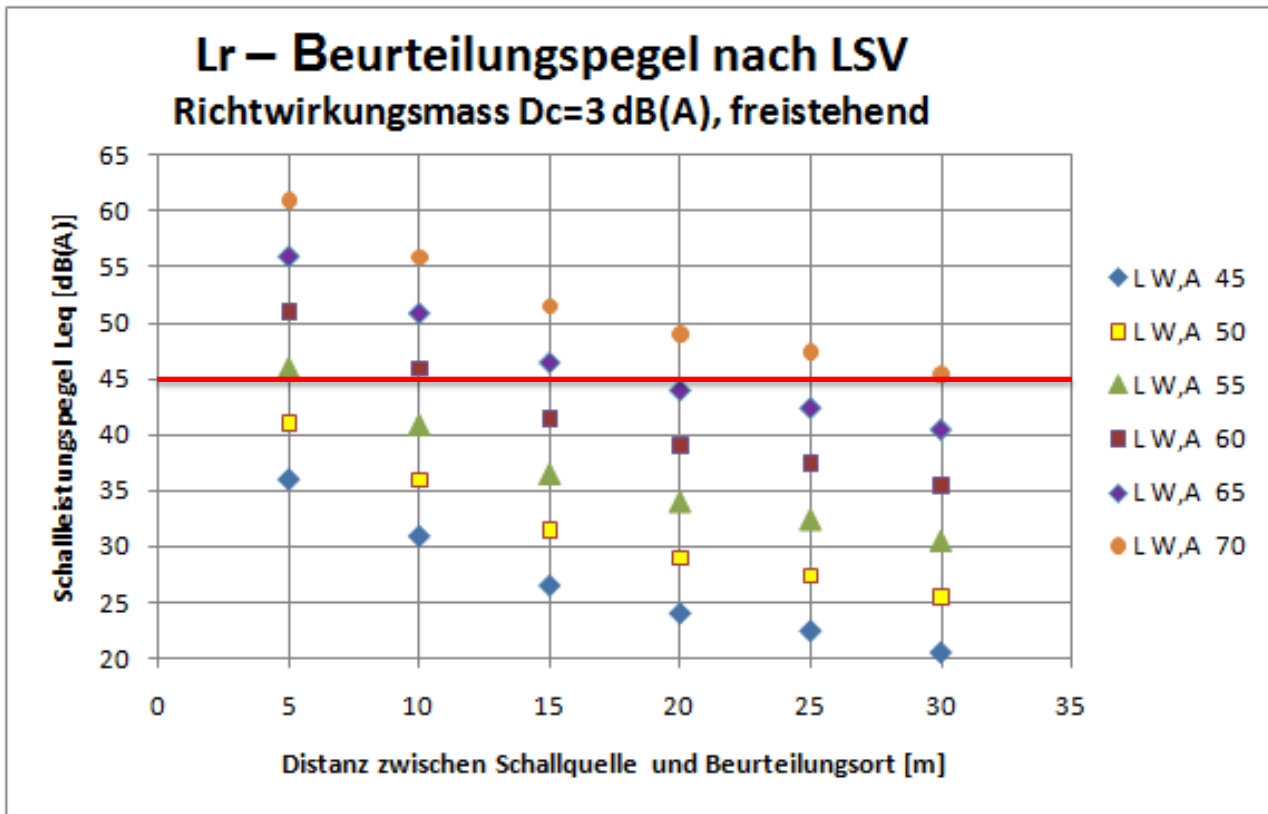


einspringende Fassadenecke +9 dB(A)



Beurteilungspegel nach Cercle bruit

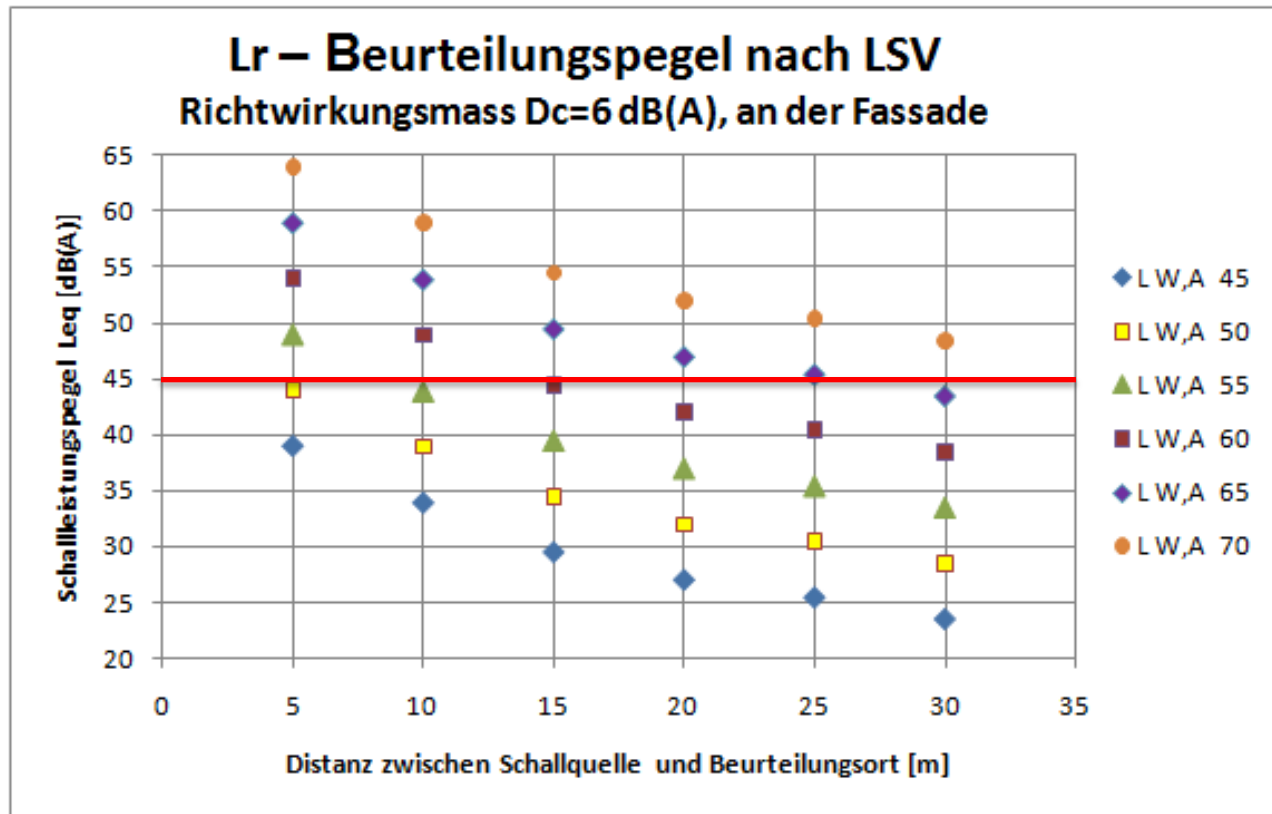
Für Schallleistungspegel 45, 50, 55, 60, 65, 70 dB(A)





Beurteilungspegel nach Cercle bruit

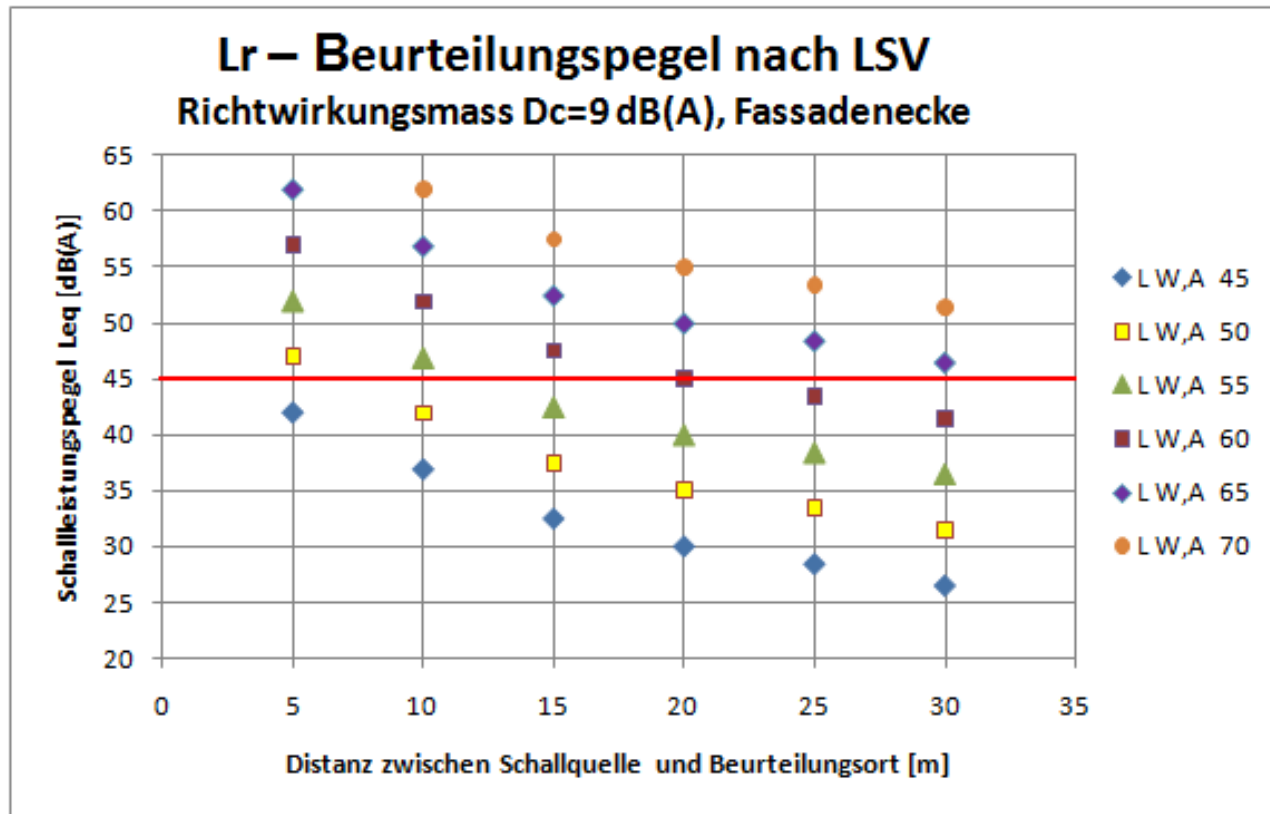
Für Schallleistungspegel 45, 50, 55, 60, 65, 70 dB(A)





Beurteilungspegel nach Cercle bruit

Für Schalleistungspegel 45, 50, 55, 60, 65, 70 dB(A)





Welches sind die Konsequenzen ?

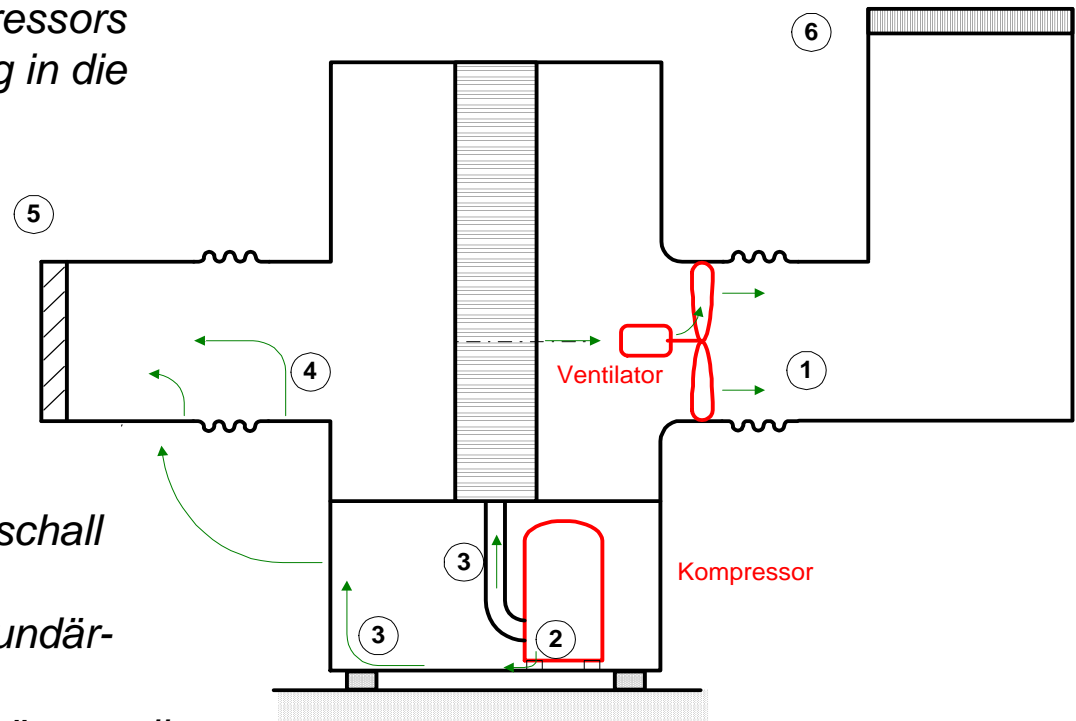
Zuständig für die Umsetzung sind die Kantone und direkt die Gemeinden

- Wenn die Vorgaben und Empfehlungen von Cercle bruit gelten, sind viele Wärmepumpen je nach Situation nicht mehr einsetzbar.
 - Beispiel Maschinen mit 65 dB(A) Schalleistungspegel können nur noch ab einer Distanz von 20m bis zum Beurteilungsort eingesetzt werden.
- Ab dem Jahr 2015 werden die Vorschriften nochmals um 2 dB verschärft.
- Von den im WPZ gemessenen Luft/Wasser-Wärmepumpen erreichen nur ca. 10% einen Schalleistungspegel von 56 dB(A), die meisten liegen tw. Deutlich darüber.



Lärmursachen (Anregungsquellen)

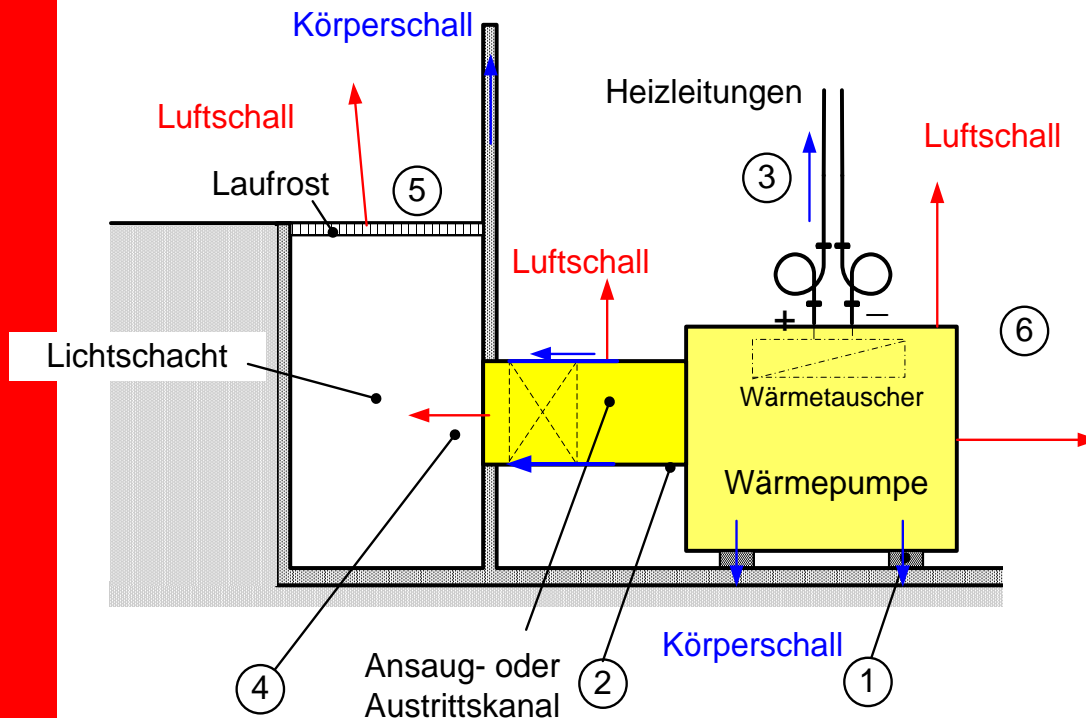
1. Luftabstrahlung des Ventilators (Strömungsgeräusche)
2. Körperschall des Kompressors
3. Körperschallübertragung in die Wärmepumpenstruktur



4. Abstrahlung von Körperschall → Luftschall im Kanal
5. Wetterschutzgitter (Sekundär-Lärmquelle)
6. Abdeckrost (Sekundär-Lärmquelle, keine Querschnittsverengung!)



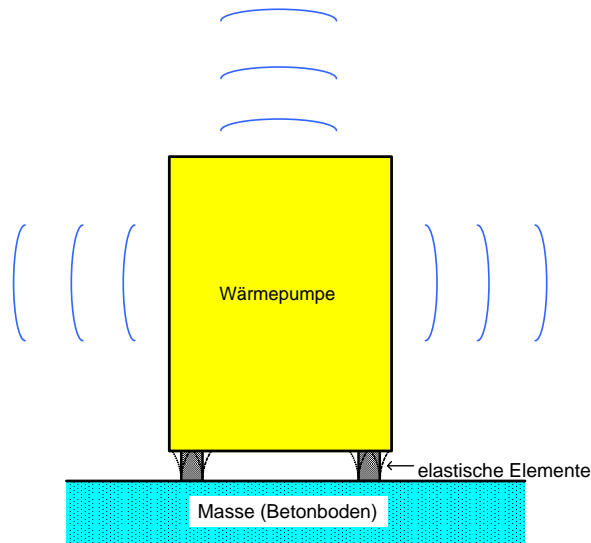
Übertragungswege bei Innenaufstellung



1. Körperschall
Wärmepumpe – Gebäude
2. Körperschall
Luftkanal – Gebäude
3. Körperschall
Wärmepumpe – Heizleitungen
4. Luftschall
Wärmepumpe – Lichtschacht
5. Luftschall
Lichtschacht – Nachbarschaft
6. Luftschall
Wärmepumpe/Luftkanäle -
Aufstellungsraum (Gebäude)

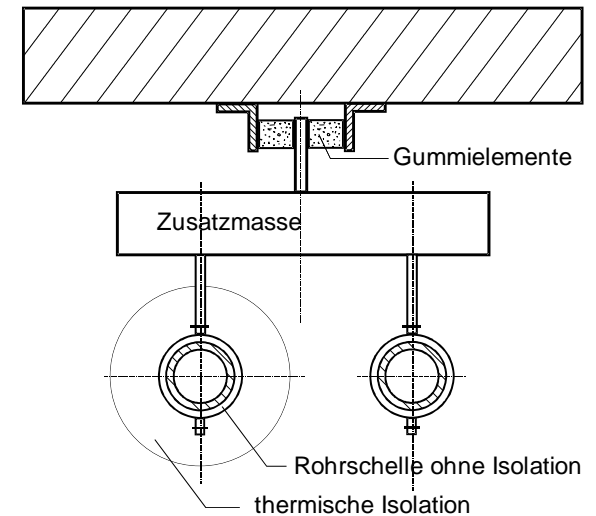


Übertragungswege bei Aussenaufstellung



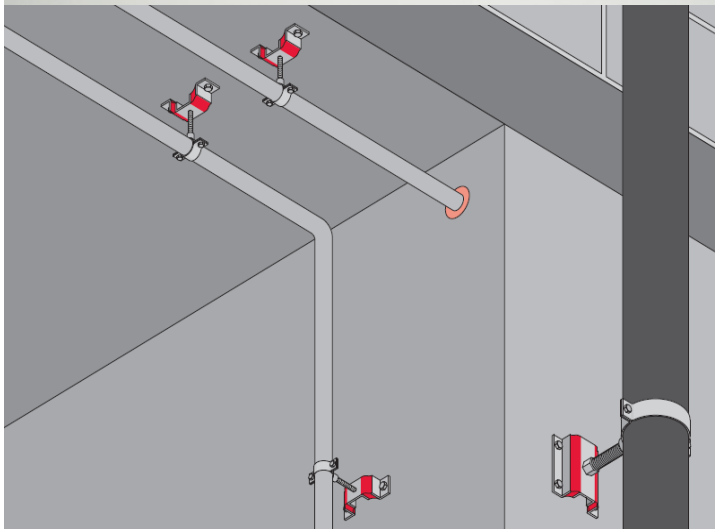
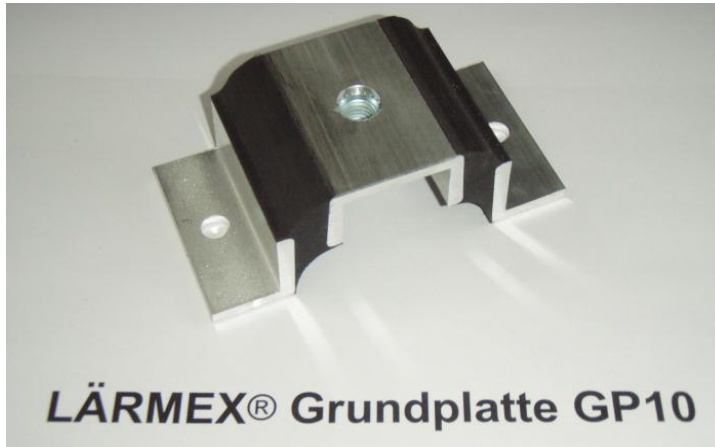
1. Meistens Luftschall-Abstrahlung
2. Elastische Schalldämm-Elemente unter der Wärmepumpe
3. Wärmepumpe – Heizleitungen, die ins Gebäude führen
4. Betonboden oder –Platten nicht mit dem Gebäude verbunden

Da Kältemittelleitungen hohe Körperschallenergie mitführen, sind für erhöhte Schallschutzanforderungen (z.B. Leitungsführung im Bereich von Aufenthaltszonen) spezielle Massnahmen nötig





Übertragungswege bei Leitungsaufhängungen



Rohrleitungen, die fix an Decke und Wänden befestigt werden, können den Körperschall direkt auf den Baukörper weiter leiten



Lärmex Grundplatten Fabrikat Stauffer (www.stauffer.ch)



Aufstellungshinweise

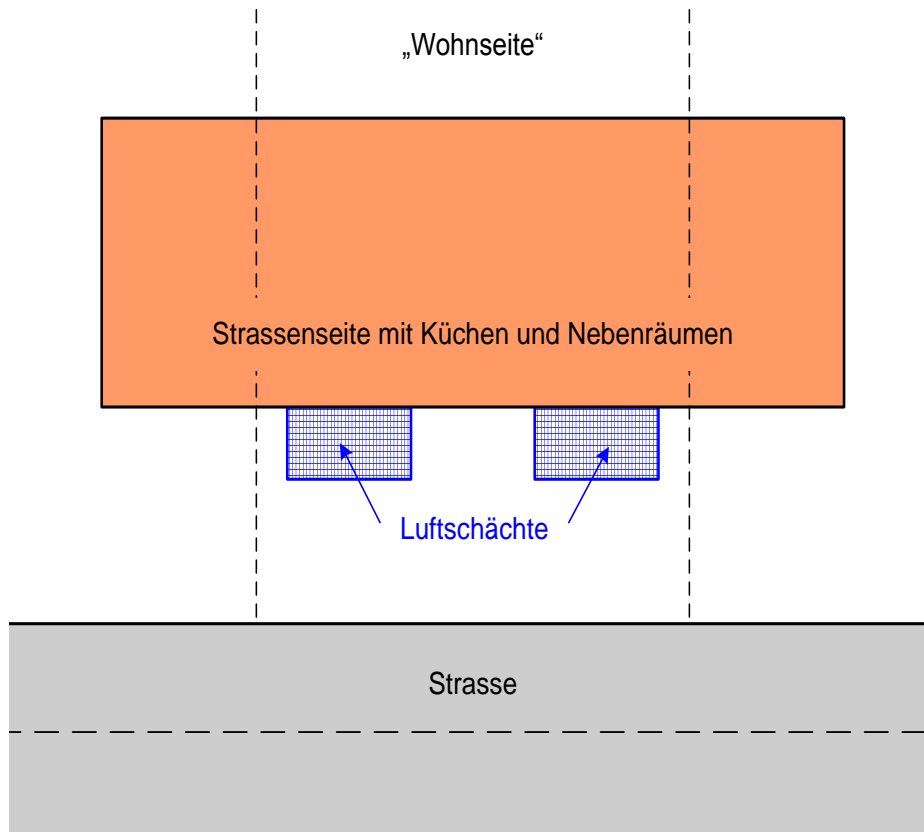
- Luftein- und –austrittöffnungen auf einer lärmunempfindlichen Gebäudeseite planen
- Nachbargebäude durch Aufstellung von Schallschutzwand abschirmen (optisch günstige Lösung wählen)

Achtung: - Bäume und Sträucher bieten keinen wirksamen Schallschutz
- Schallschutzwände haben im Tieftonbereich eine beschränkte Wirkung
- Die Dimensionierung von Schallschutzwänden ist anspruchsvoll und soll durch Spezialisten erfolgen.

- Ausblasöffnung unter Balkon sind zu vermeiden, da der Luftschall durch den vorstehenden Balkon reflektiert werden kann. Unter ungünstigen Umständen kann so noch mehr Schallenergie zum Nachbarhaus gelangen.



Anordnung von Luft-Ein- und -austrittsöffnungen



Schallquellen nicht im Wohnbereich und nicht unter Schlafzimmerfenstern planen.

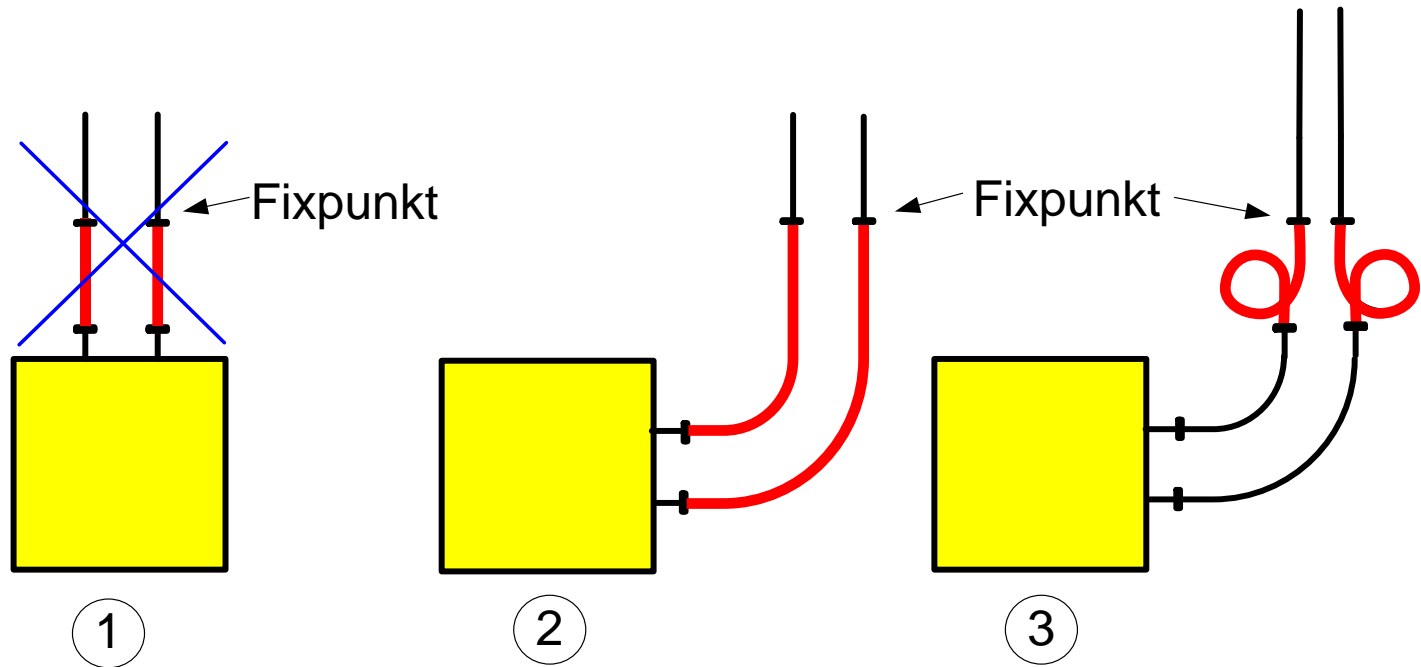
Achtung WP mit Warmwasserbereitung laufen auch im Sommer!

Luftschächte nicht zu Nahe nebeneinander anordnen wegen Schallkumulation und lufttechnischem Kurzschluss.



Aufstellung und Anschluss der Wärmepumpe

Verminderung der Körperschallübertragung

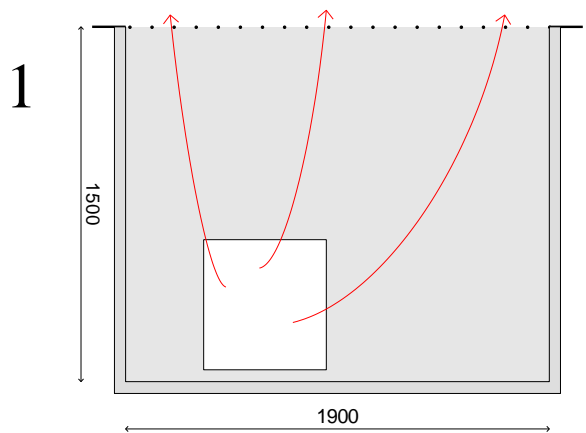


Anschlussleitungen flexibel:

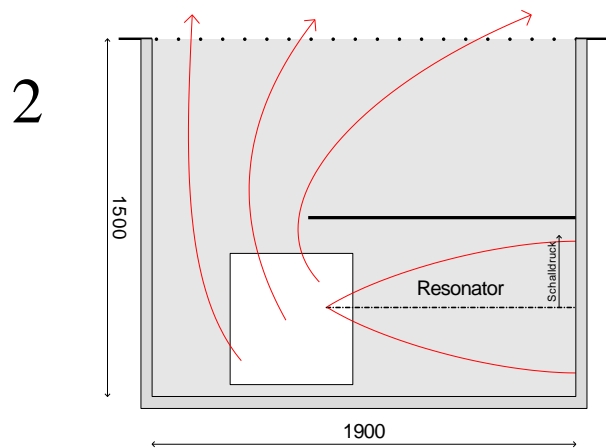
- 1. gerade, kurze Leitungen vermeiden*
- 2. Verbesserte Anordnung durch gebogenen Schlauch*
- 3. Optimale Anordnung*



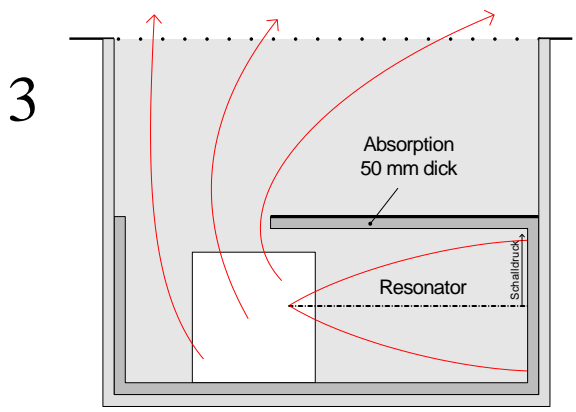
Schalldämpfung im Ausblasschacht



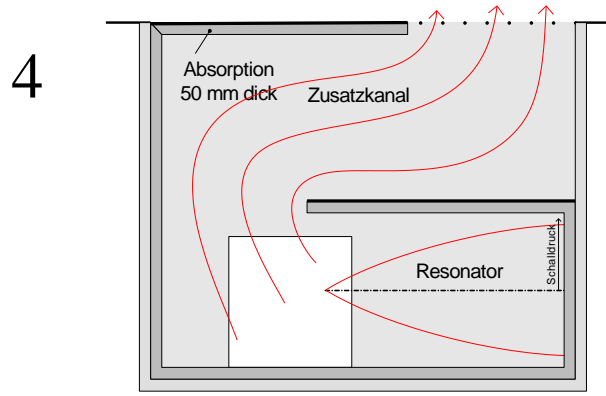
Schacht leer



Resonanz-Schalldämpfer



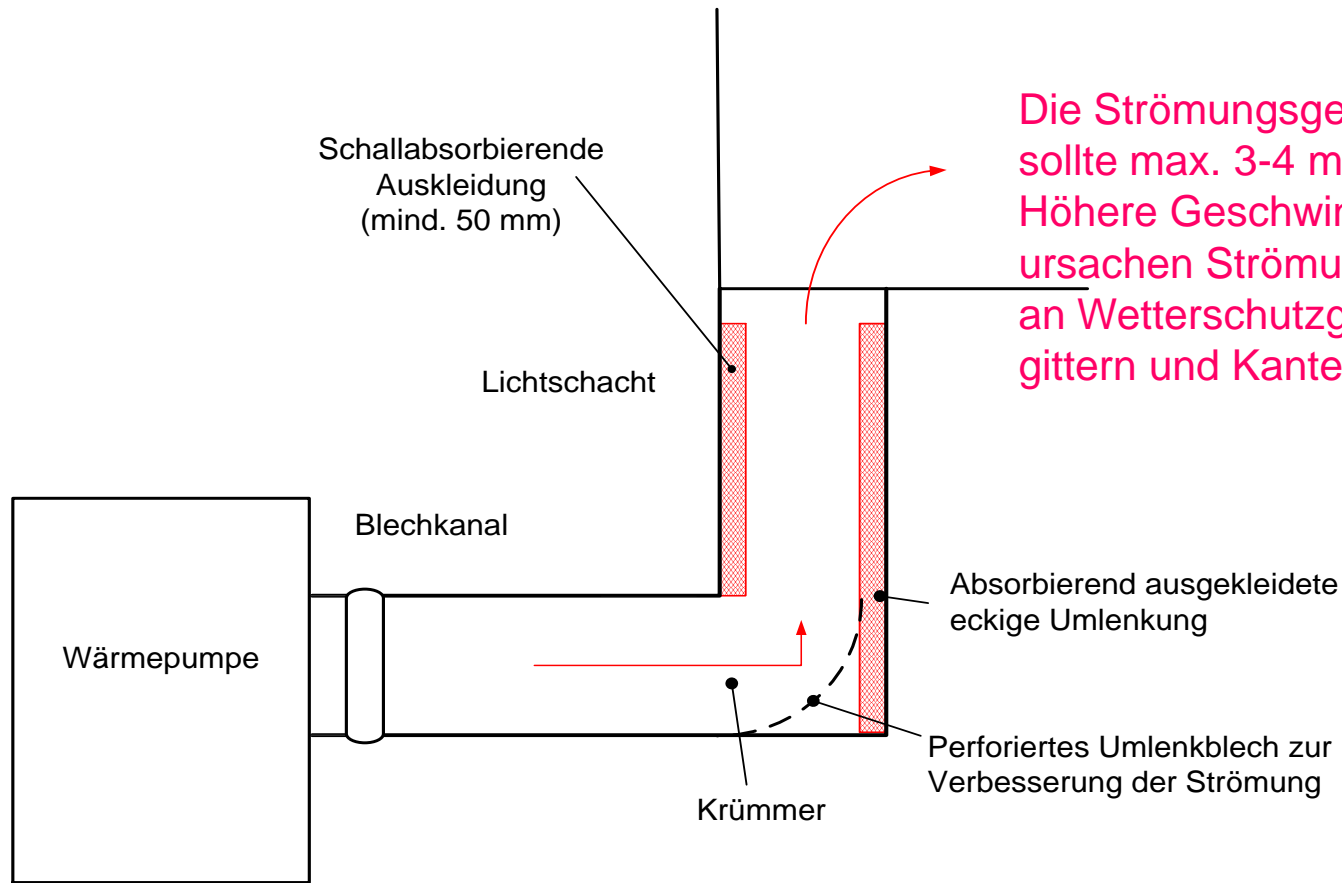
Resonanz-Schalldämpfer mit Schachtauskleidung



Resonanz-Schalldämpfer mit Schachtauskleidung und Zusatzkanal



Schalldämmende Wirkung durch Umlenkung

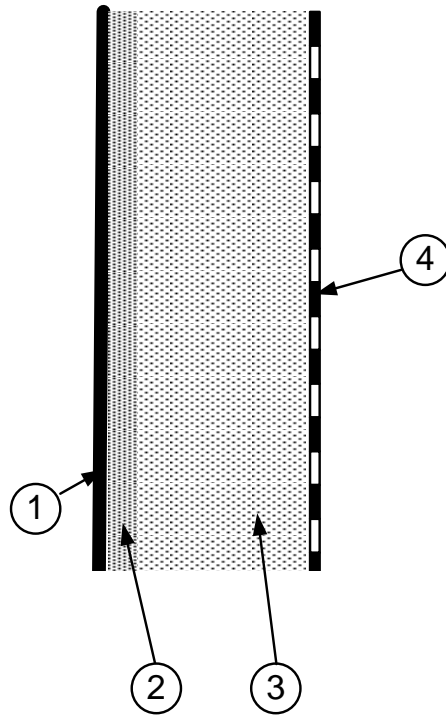


Die Strömungsgeschwindigkeit sollte max. 3-4 m/s betragen. Höhere Geschwindigkeiten verursachen Strömungsgeräusche an Wetterschutzgittern, Rostgittern und Kanten

Für die Auskleidung eignen sich Mineralfaserplatten mit einem Raumgewicht von ca. 70 kg/m³ oder offen zelliger Schaumstoff (z.B. Melaminharz).



Schalldämm-Gehäuse bei Wärmepumpen



1. Aussenhaut der Kapselwand
(Stahlblech 0,8 -1 mm)
2. Entdröhnungsmatte (Schwerfolie)
3. Schallabsorbierendes Material
(50 – 80 mm offen zelliger Schaumstoff)
4. Evtl. schalldurchlässige mechanische Abdeckung
(Lochblech oder Streckmetall, keine akustische Wirkung)

Leitungs- und Kabel-Durchführungen sowie Schlitzte bei undichten Elementen reduzieren die schalldämmende Wirkung erheblich.



Wartung der Wärmepumpe

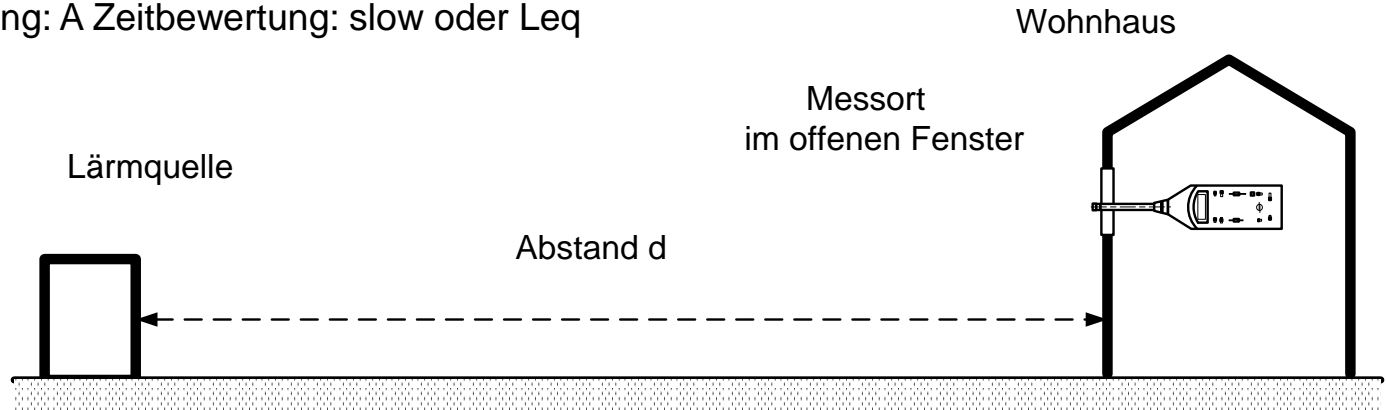
- Entfernung von angesammeltem Laub und Unrat in den Lichtschächten.
- Kontrolle der schalltechnischen Elemente wie elastische Lagerung der WP, elastische Befestigungen der Leitungen (Alterung des Gummis).
- Entfernung von Verunreinigungen an den Ventilatorschaufeln (Unwucht) (Achtung: Fremdanlaufsteuerung).
- Lokalisierung von verdächtigen und ungewohnten Geräuschen.
- Freie Querschnitte der Lichtschächte beachten.
(Maximale Strömungsgeschwindigkeit = 3 – 4 m/s)

Schlechte Wartung kann den Schallpegel auch negativ beeinflussen.



Kontrollmessungen mit einfachem Messgerät

Einstellungen am Schallpegelmesser:
Bewertung: A Zeitbewertung: slow oder Leq



- Die Schallimmission in der Nachbarschaft, wo die Belastungsgrenzwerte der LSV eingehalten werden müssen, sind im offenen Fenster vorzunehmen.
- Aufschlussreich ist der Vergleich mit und ohne laufender Wärmepumpenanlage.
- Messungen in grösserem Abstand können durch Störgeräusche wie Strassenlärm, Kuhglocken oder Bachrauschen, usw. verfälscht werden. Am Geeignetesten erweist sich in der Regel die Zeit abends nach 20:00 Uhr oder im Extremfall zwischen 02:00 - 04:00 Uhr morgens.
- Sind Messungen in der Nachbarschaft nicht möglich, empfiehlt es sich, Nahfeldmessungen bei Luftein- und Austrittsöffnungen in ca. 5 cm Abstand vorzunehmen