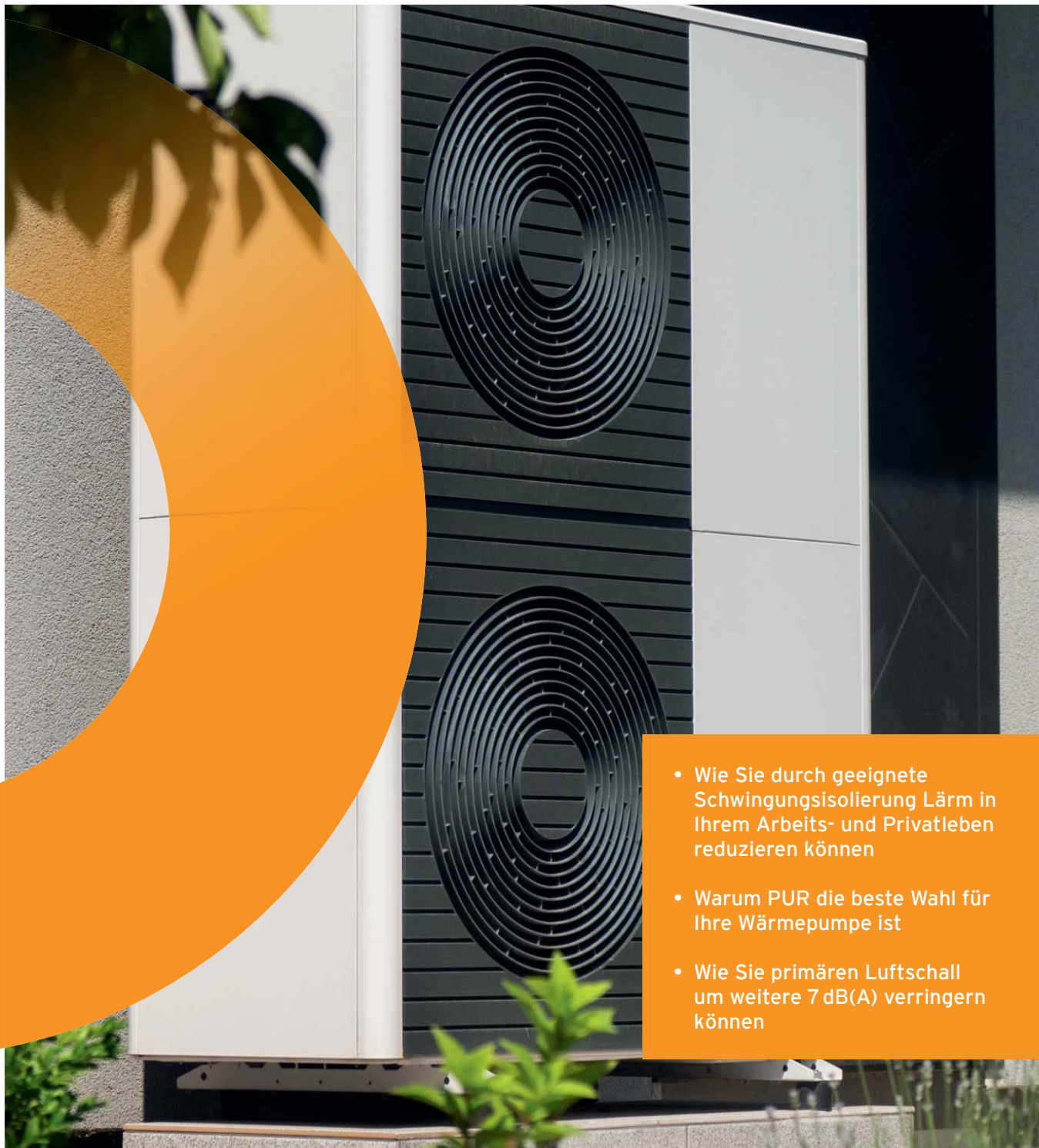


MACHEN SIE IHRE WÄRMEPUMPE LEISER



- Wie Sie durch geeignete Schwingungsisolierung Lärm in Ihrem Arbeits- und Privatleben reduzieren können
- Warum PUR die beste Wahl für Ihre Wärmepumpe ist
- Wie Sie primären Luftschall um weitere 7 dB(A) verringern können



Warum es wichtig ist, sich mehr auf die Kompressor-Schwingungen und die Übertragung von Körperschall zu konzentrieren.

„Es ist laut. Es brummt. Ich kann nicht schlafen.“ Eine Situation, die wahrscheinlich jeder von uns schon einmal erlebt hat - als Hersteller, Monteur oder Endkunde. Dieses niederfrequente „Brummen“ macht einen verrückt. Kein Wunder, denn wir werden uns immer mehr des Lärms und seiner Auswirkungen auf unser tägliches Leben bewusst.

Die Dekarbonisierung ist ein großes Thema, das zu umfassenden staatlichen Regulierungsmaßnahmen wie der Domestic Renewable Heat Incentive in Großbritannien geführt hat. Die Regierungen befürworten den Einbau von Wärmepumpen, um effiziente Heizmethoden für unsere Wohnräume zu fördern. Das wird sicherlich die Zahl der Wärmepumpen um uns herum erhöhen und zu Problemzonen führen. Wir rücken näher zusammen - nicht nur im städtischen Umfeld, sondern auch in unserem Zuhause, etwa durch Mehrfamilienhäuser. Studien haben gezeigt, dass Lärm und Lärmreduzierung in Zukunft noch wichtiger werden.

Das bedeutet, dass wir die Lärmquelle einer Wärmepumpe genauer unter die Lupe nehmen müssen. Dabei sollte man sich nicht nur auf den Primärschall konzentrieren, sondern auch den Körperschall in die Überlegungen zur Produktgestaltung und zum Einbau einbeziehen. Der Schutz vor der Erzeugung und Übertragung von Körperschall spielt hier eine wichtige Rolle. Kurz gesagt, wir müssen über Schwingungsisolierung sprechen.

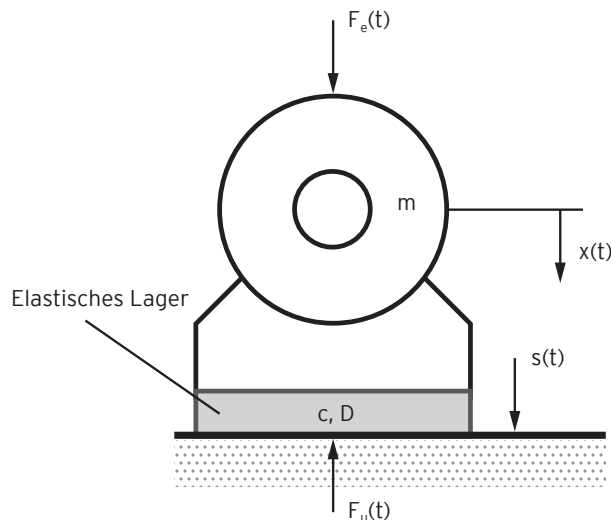
Kompressoren sind das Herzstück einer jeden Wärmepumpe. Oft werden Wärmepumpen

mit Flüstermodus beworben und konkrete Schallwerte angegeben. Diese beziehen sich in der Regel auf den primären Luftschall. In vielen Fällen wird der „flüsterleise“ Modus durch den Einsatz der Inverter-Kompressor-Technologie erreicht. Das bedeutet, dass die Motordrehzahl des Kompressors entsprechend dem tatsächlichen Bedarf geregelt wird.

Eine äußerst effiziente Methode, um das Beste aus Ihrer Wärmepumpe herauszuholen. Allerdings wird durch die Verringerung der Motordrehzahl auch die Erregerfrequenz des Kompressors verringert, wodurch noch mehr der unerwünschten, niederfrequenten „Brummgeräusche“ entstehen.

Ein ausschließlicher Fokus auf den Primärschall vernachlässigt somit die Auswirkungen von Körperschall. Messungen haben gezeigt, dass Wärmepumpen mit effizienter Schwingungsisolierung auch niedrigere Primärschallpegel aufweisen. Probleme, mit denen Bewohner von Häusern mit angeschlossenen Wärmepumpen häufig konfrontiert sind, treten somit gar nicht auf.

KONZEPTE UND LÖSUNGEN



m [kg]	Maschinenmasse
c [kN/mm]	Federsteifigkeit der elastischen Lagerung
D	Dämpfung der elastischen Lagerung
$F_e(t)$ [N]	Erregerkraft
$x(t)$ [mm]	Bewegung der Maschine
$s(t)$ [mm]	Bewegung des Bodens in den Untergrund
$F_u(t)$ [N]	eingeleitete Kraft

Aus physikalischer Perspektive erzeugt eine Wärmepumpe ein schwingungsfähiges Einzelmassensystem.

Die elastischen Einbauelemente und die gelagerte Bauweise bilden aus physikalischer Sicht ein schwingungsfähiges System. Dieses kann mit dem Modell des Einzelmassenschwingers beschrieben werden und besitzt eine Resonanz- oder Eigenfrequenz. Die charakteristische Schwingungsfrequenz ergibt sich aus der Masse m des Systems und der dynamischen Steifigkeit c der elastischen Lagerung.

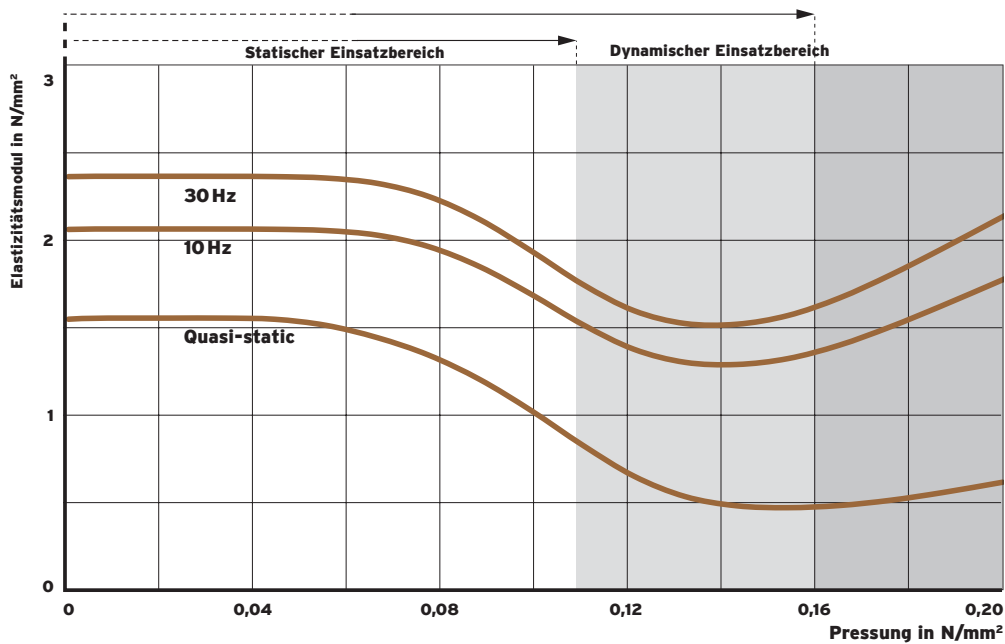
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

Eine isolierende Wirkung tritt nur in dem Frequenzbereich $f_e/f_0 > \sqrt{2}$ auf. Wenn die Eigenfrequenz f_0 des Systems um etwa einen Faktor von 1,41 niedriger ist als die niedrigste Frequenz f_e der mechanischen Schwingungen, dann kommt es zu einer sogenannten Frequenzabstimmung.

Im Resonanzbereich $f_e/f_0 < \sqrt{2}$ kommt es in allen Fällen zu einer Verstärkung der mechanischen Schwingung, unabhängig von der Dämpfung.

Das schwingungsfähige System wird von einem externen Impuls erregt und beginnt zu schwingen. Im Modell wird dies als Erregerkraft bezeichnet. Wenn die isolierende Wirkung eines Einzelmassenschwingers beurteilt werden soll, muss das Frequenzverhältnis η zwischen der Erregerfrequenz des externen Impulses (f_e) und der Eigenfrequenz des schwingenden Systems (f_0) berücksichtigt werden.

$$\eta = \frac{f_e}{f_0}$$



Polyurethan (PUR)-Werkstoffe sind am besten für elastische Schwingungsisolierung von Bauteilen geeignet. Im Vergleich zu herkömmlichem Gummi enthält PUR keine Weichmacher, sodass seine elastischen Eigenschaften über Jahrzehnte hinweg konstant bleiben.

Noch wichtiger für die schwingungsisolierende Wirkung ist die dynamische Steifigkeit, die das Verhalten des Werkstoffs unter Belastung beschreibt. Maschinenlager auf Polyurethanbasis weisen im Vergleich zu herkömmlichem Gummi eine deutlich geringere dynamische Steifigkeit auf. Diese Weichheit führt zu niedrigeren Eigenfrequenzen und zu einer erhöhten Wirksamkeit der Schwingungsisolierung.

**Minimierte Schwingungen.
Reduzierter Lärm.
Leisere Wärmepumpen!**

AUF EINEN BLICK

- Die Kenntnis der Eigenfrequenz Ihres Systems ist wichtig, um die am besten geeignete Schwingungsisolierung zu finden.
- Die Verwendung von Werkstoffen mit genau definierten Eigenschaften (z. B. Polyurethan PUR) macht die Berechnung einfach.
- PUR wird bei dynamischer Beanspruchung weicher, was zu einer besseren Schwingungsisolierung führt.

ISOLIERUNGSKONZEPTE FÜR WÄRMEPUMPEN

Nachdem wir Polyurethan als passenden Werkstoff für konstante und effiziente Schwingungsisolierung identifiziert haben, können wir nun über die Bauweise und Anwendung von Isolierungen sprechen.



Die Isolierung der gesamten Wärmepumpe reduziert vorwiegend Körperschall.

Die Isolierung des Kompressors reduziert Luft- und Körperschall.

Sie können entweder die gesamte Wärmepumpe entkoppeln, sich nur auf die interne Isolierung des Kompressors konzentrieren oder beides. Die Entkopplung des Geräts reduziert den Körperschall, indem die Übertragung von Schwingungen in die Gebäudestruktur verhindert wird. Die Entkopplung des Kompressors hat aber einen zusätzlichen positiven Effekt auf den primären Luftschall.

Erfahren Sie mehr
über unterschiedliche
Konzepte von Kompressor-
lagerungen



[getzner.com/
heatpump](https://getzner.com/heatpump)

PRODUKTLÖSUNGEN

Die Programmreihe Isotop® by Getzner bietet eine breite Palette von Maschinenlagern aus einer Kombination der Polyurethan-Werkstoffe Sylomer®, Sylodyn® und Sylodamp® mit Metallteilen, wodurch ein einfacher, komfortabler und effektiver Einbau ermöglicht wird.

Lager für die gesamte Wärmepumpe



Isotop® DSD



Isotop® DMSN



Isotop® MSN-DAMP



Isotop® ENI



Isotop® SE pro

Lager für den Kompressor



Isotop® MSN-DAMP



Isotop® Compact



**Sylomer®/Sylodyn®
Compressor Grommet (pro)**



[getzner.com/
catalogue-hvac](https://www.getzner.com/catalogue-hvac)

REDUZIERUNG DES KÖRPERSCHALLS



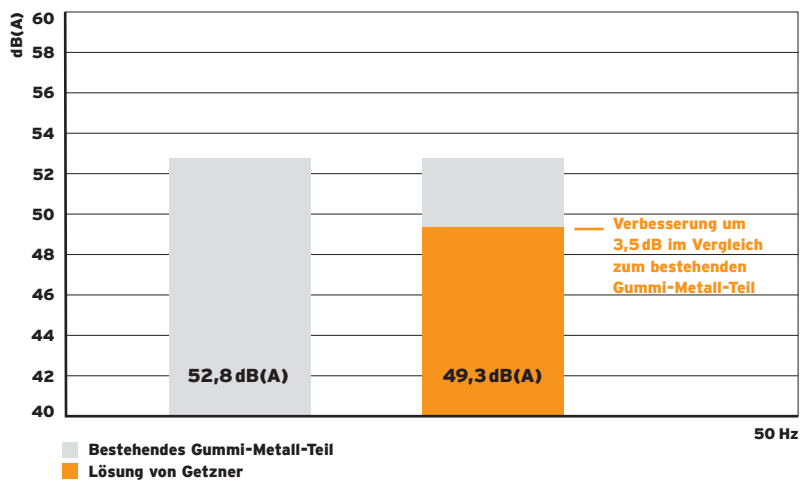
Effektive Lagerung der Kühlanlage im Dachbereich

Elastische Lagerung eines industriellen Kompressorsystems

Ein Kunde benötigte drei Kältemaschinen für eine Fertigungsanlage, die über den Büroräumen nebeneinander im Dachbereich eingebaut wurden. Der von den beiden Scrollkompressoren abgegebene Körperschall störte die Arbeit der Mitarbeiter in den Büros darunter.

Die bestehenden Maschinenlager (Gummi-Metall) lieferten nicht die gewünschten Ergebnisse. Techniker von Getzner maßen den Lärm und die Schwingungen, die von den Kompressoren erzeugt wurden, vor und nach dem Einbau von Sylodyn® Punktlagerungen. Der abgegebene Körperschall wurde um 4-6 dB(A) reduziert (Diagramm 1 und Diagramm 2). Der Schwingungsisolierungseffekt wurde somit um 10 dB verbessert (Diagramm 3). Das bedeutet, die Lösung von Getzner führte zu einer deutlichen Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter.

Diagramm 1: Verbesserung des Pegels von Luftschall mit 50 Hz (ein System in Betrieb)



In das System eingebaute Scrollkompressoren

Diagramm 2: Verbesserung des Pegels von Luftschall mit 50 Hz (alle Systeme in Betrieb)

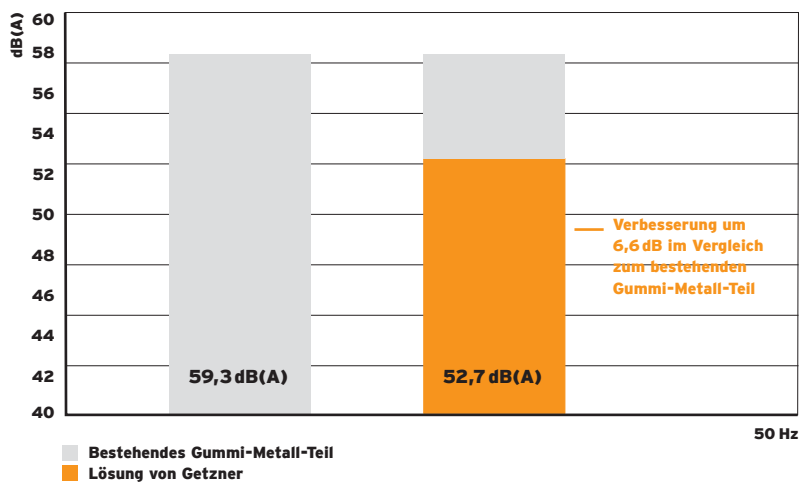
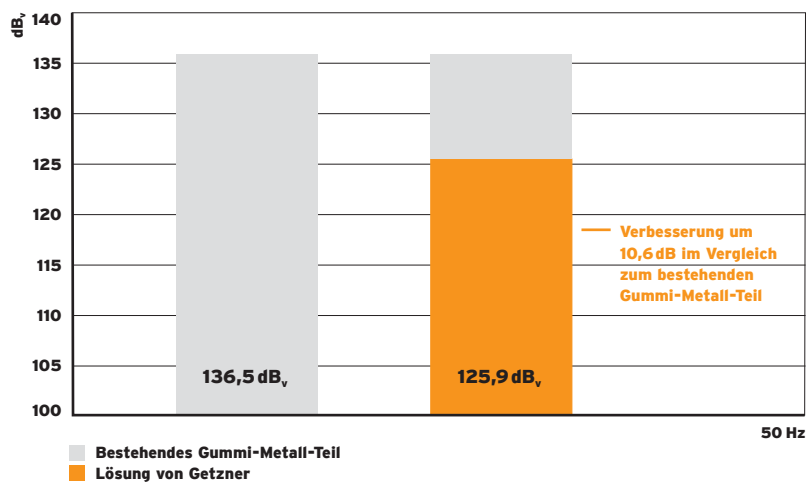
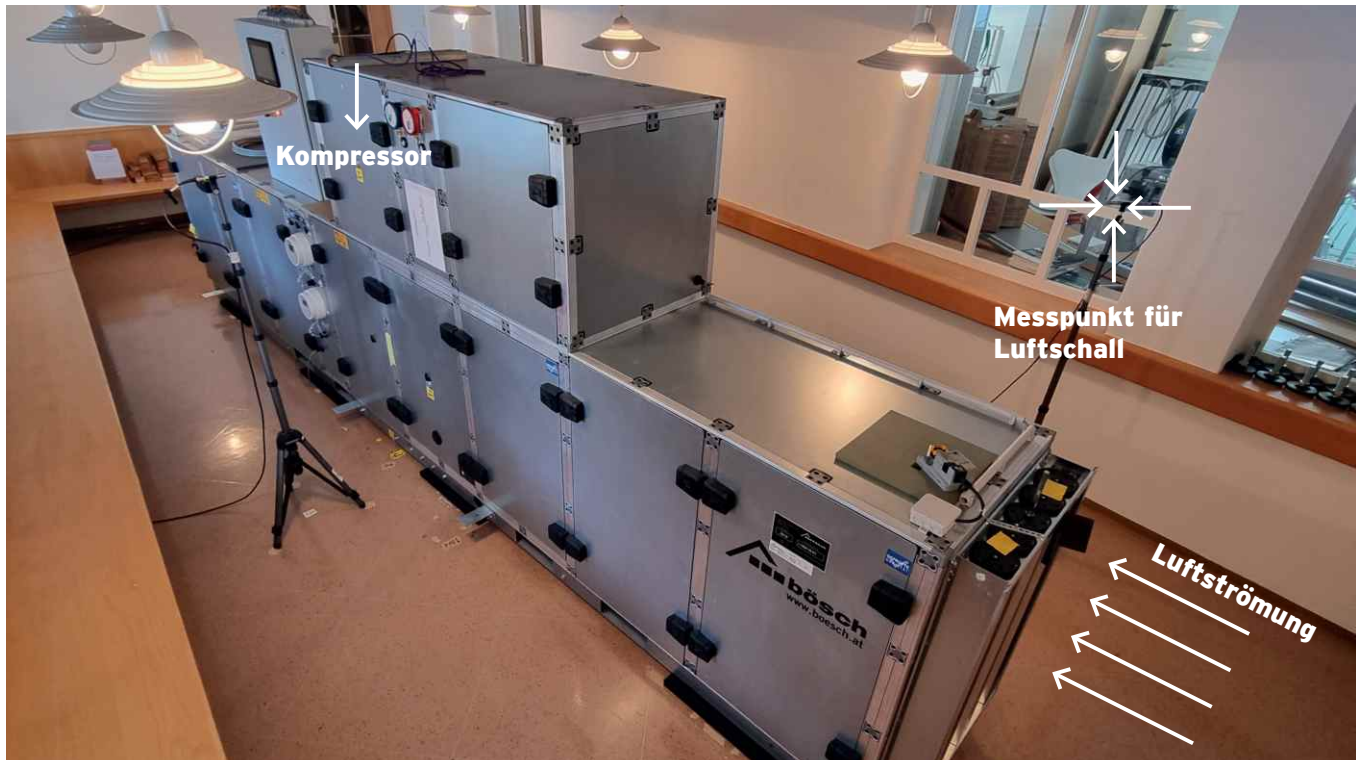


Diagramm 3: Schwingbeschleunigung bei 50 Hz



REDUKTION VON PRIMÄREM LUFTSCHALL



Aufbau für die Luftschallmessung

Elastische Kompressor-Lagerung

Um die Auswirkung verschiedener elastischer Kompressor-Lager auf den primären Luftschall zu vergleichen, wurden Messungen an einem kompakten Klimagerät vorgenommen.

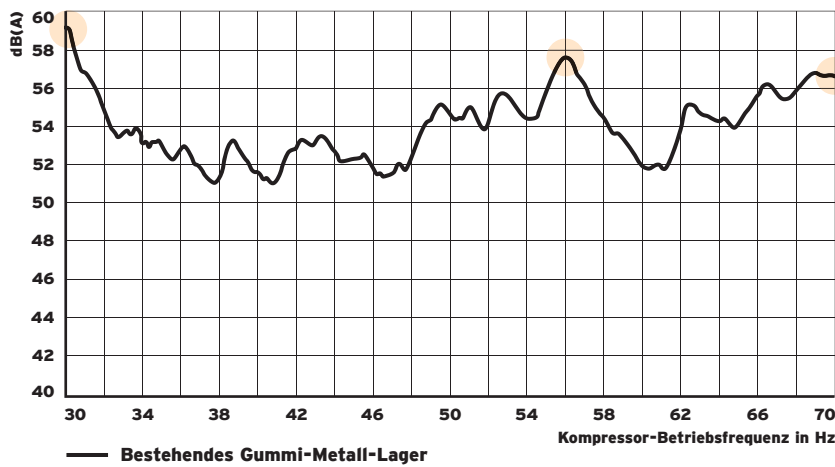
Die Hauptanregung stammte von einem Kühlkompressor von GEA Bock. Mithilfe eines Frequenzumwandlers konnten wir die Betriebsfrequenz zwischen 30 Hz und 70 Hz einstellen. Der Ventilator wurde auf 30 % seiner maximalen Nennleistung gesetzt. Um die Auswirkung der Lager auf den primären Luftschall zu messen, wurden vier Mikrofone rund um die Einheit platziert.

Der Kompressor selbst stand auf vier Lagerungspunkten. Wir verglichen die bestehenden Gummi-Metall-Bauteile mit dem Produkt Isotop® MSN-DAMP.



Kompressor gelagert auf vier Isotop® MSN-DAMP-Produkten

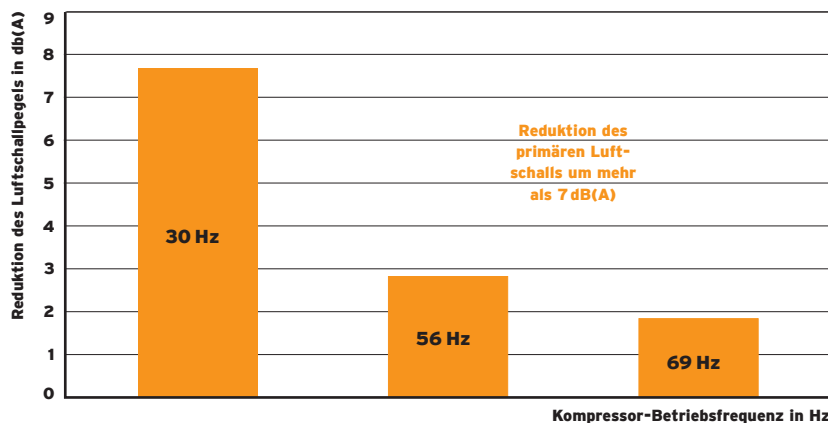
Absoluter Schallpegel db(A) der bestehenden Gummi-Metall-Lager (Mittelwerte von 4 Messungen)



Während der ersten Messung mit der bestehenden Gummi-Metall-Lagerung wurde die Betriebsfrequenz des Kompressors langsam und kontinuierlich erhöht. Das Mikrofonsignal wurde aufgezeichnet und der A-gewichtete Luftschallpegel wurde bestimmt (arithmetischer Mittelwert von vier Messungen). Die Maximalwerte der Schallemissionen bei einer Inverterfrequenz von 30 Hz, 56 Hz und 69 Hz sind deutlich erkennbar.

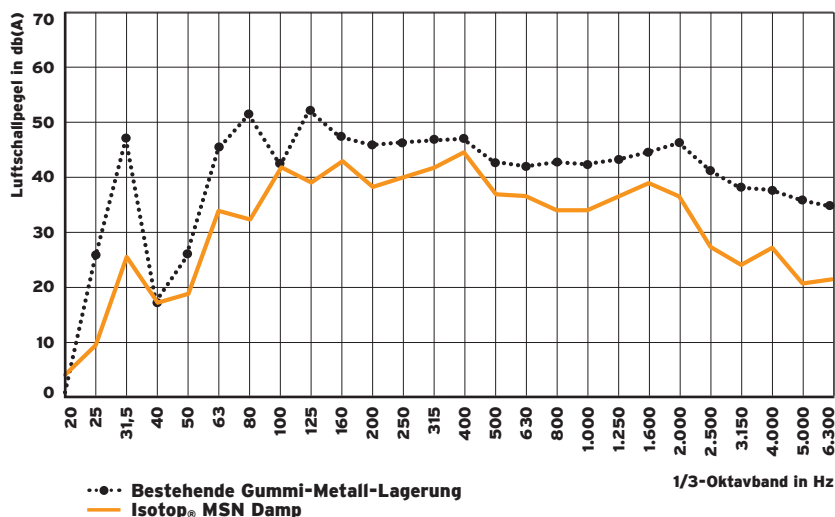
Nach dieser ersten Messung rekonstruierten wir den Aufbau mit den Isotop® MSN-DAMP-Produkten. Die rechte Grafik zeigt die gemessene Reduktion der Luftschallabstrahlung im Vergleich zum Gummi-Metall-Bauteil. Es wurden Unterschiede von bis zu 7,7 dB(A) gemessen, vor allem beim Betrieb mit Teillast und niedriger Kompressordrehzahl (Inverterfrequenz 30 Hz).

Reduktion des Luftschallpegels mit Isotop® MSN-DAMP im Vergleich zur bestehenden Gummi-Metall-Lagerung



Wärmepumpen mit der Inverter-Kompressor-Technologie, die sehr vorteilhafte Auswirkungen auf die Effizienz hat, sind mittlerweile Stand der Technik auf diesem Gebiet. Deshalb waren wir äußerst interessiert daran zu erfahren, wie sich eine Änderung der Frequenzen eines in Betrieb befindlichen Kompressors (d. h. Teillastbereiche) bei Verwendung einer passend ausgelegten Schwingungsisolierung auf den primären Luftschall auswirkt.

Luftschall-Terzspektrum der Kompressor-Betriebsfrequenz 30 Hz



Sieht man sich eine Betriebsfrequenz von 30 Hz und die Frequenzdomäne (1/3-Oktavenspektrum) an, ist eine deutliche Verbesserung zu erkennen. Bemerkenswert ist, dass die Verbesserung über fast den gesamten hörbaren Frequenzbereich auftritt.



SO MACHEN SIE IHRE WÄRMEPUMPE LEISER

- Holen Sie sich so früh wie möglich im Produktentwicklungsprozess technische Unterstützung.
- Versuchen Sie, so nah wie möglich an die Hauptschwingungsquelle heranzukommen (d. h. Kompressorisolierung).
- Wählen Sie einen Schwingungsisolator, der bei dynamischer Beanspruchung weicher wird - nicht steifer.
- Wählen Sie einen Schwingungsisolator mit einer niedrigen Eigenfrequenz, um auch Kompressoren unter Teillast effizient zu entkoppeln.
- Wählen Sie Schwingungsisolatoren mit gleichbleibender Langzeitleistung. Mit anderen Worten: Entscheiden Sie sich für Werkstoffe ohne Weichmacher.

getzner.com

Die Auswahl des geeignetsten Produkts für Ihre Wärmepumpe ist relativ einfach.

Unser Online-Auswahlprogramm EquipCalc ist schnell, intuitiv und immer auf dem neusten Stand. Jetzt registrieren!



**getzner.com/
equipcalc**

Getzner Werkstoffe GmbH

Herrenau 5
6706 Bürs, Austria
T +43-5552-201-0
info.buers@getzner.com