

Prüfbericht

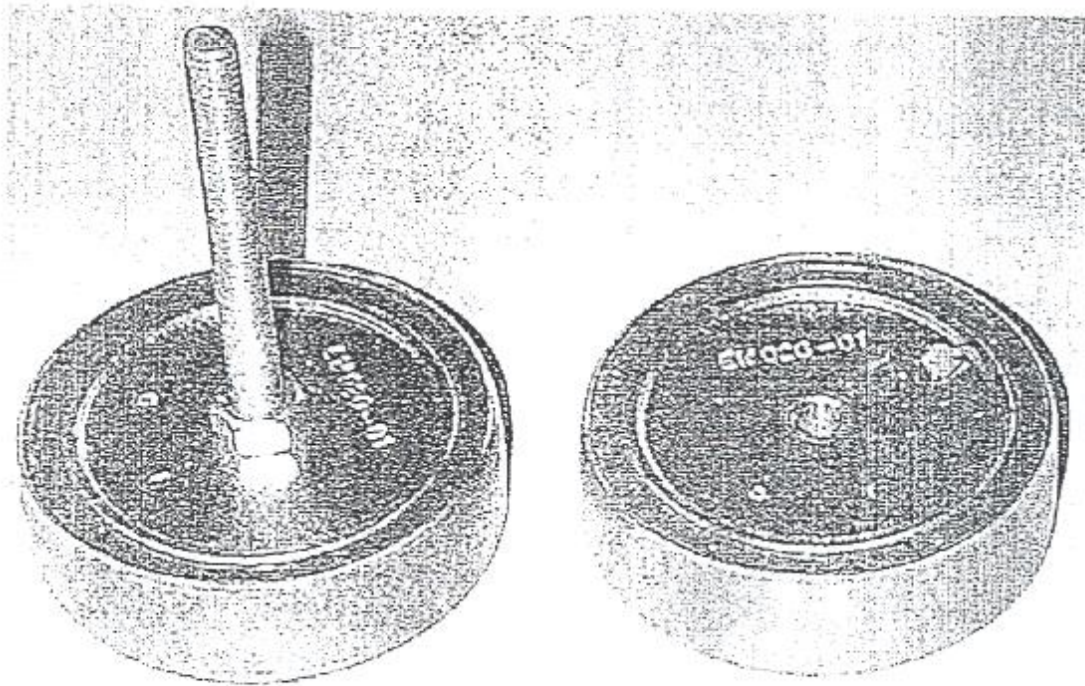
Schalldämmung

gültig für
PHONOLYT[®] Fuß

Dieses Dokument der MÜPRO dient nur zur Information und unterliegt nicht dem Änderungsdienst.
Der gesamte Inhalt darf für werbliche oder andere Zwecke nur nach Genehmigung durch die MÜPRO verwendet werden.
Alle Rechte und Änderungen vorbehalten.

Prüf- und Ergebnisbericht zu Dämpfungsmessungen

PHONOLYT-Fuß



Dr.-Ing. Rainer Storm
Akademischer Direktor
Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik
Technische Hochschule Darmstadt
Magdalenenstraße 4
64289 Darmstadt
Tel. 06151 16 5350
FAX 06151 16 2902
e-Mail: storm@memak.maschinenbau.th-darmstadt.de

Darmstadt, 17.04.1997

R. Storm

Dr.-Ing. R. Storm

- Antragsteller:** Firma MÜPRO GmbH
Befestigungs- und Schallschutzsysteme
Hessenstraße 11
65719 Hofheim-Wallau
- Prüfobjekt:** PHONOLYT-Fuß
- Allg. Antrag:** Untersuchung der **Durchgangsdämpfung** in
bei statischer Druckbelastung
- Spez. Antrag:** Variation der statischen Vorlast in den Lastbereichen:
bis 100 kg, bis 300 kg, bis 500 kg, bis 1.000 kg,
bis 2.000 kg (zulässige Belastungsgrenze)
- Untersuchung:** Durchgeführt, ausgewertet und dokumentiert:
Dr.-Ing. Rainer Storm, Akademischer Direktor
Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik
Technische Hochschule Darmstadt

1. Zweck und Ziel der Untersuchungen

Bei dem o.a. Aufstell- und Schwingungsentkoppelungsbauteil handelt es sich um ein druckbelastbares Isolierelement, das speziell zur Abkoppelung von Körperschall im akustischen Frequenzbereich entwickelt worden ist. Seine besondere Eigenschaft besteht darin, daß es eine hohe Schalldämmung/-dämpfung bei hoher Steifigkeit bzw. geringer Nachgiebigkeit unter großen statischen Druckbelastung aufweist. Es eignet sich daher wegen seiner statisch steifen aber dynamisch weichen Eigenschaften besonders für die Abstützung, Aufstellung und Bodenmontage von sanitären Bauteilen (Wannen, Badewannen, Installationswänden), vorgefertigte Baukörperelemente, Maschinen und Aggregate. Es ist praktisch ganz allgemein überall dort verwendbar, wo akustische Isolierung unter der Forderung nach steifer Anbindung großer Kräfte bzw. großer Massen gefordert wird.

Es ist eine physikalische Gesetzmäßigkeit, daß steife Abkoppellemente im tiefen Frequenzbereich nur eine geringe Dämmung/Dämpfung besitzen können, weil Isolierung letztlich nur durch Nachgiebigkeiten, also durch genügend große Auslenkungen und Schwingwege, erreicht werden kann. Während im mittleren (> 500 Hz) und oberen Frequenzbereich (> 2000 Hz) diese Schwingwege im 1/10, 1/100 und kleineren Millimeterbereich stattfinden, können solche Schwingausschläge im unteren Frequenzbereich (< 500 Hz) einige Millimeter betragen. Solche Ausschläge sind aber weder erwünscht noch – im vorliegenden Fall – erwünscht.

Es ist bekannt, daß die Isolierwirkung elastischer Elemente auch von der Richtung und Größe statischer Vorlasten abhängt. Werden insbesondere weiche Isolierelemente unter einer statischen Last verformt, z.B. durch Abstützung von Kräften (Stützkraften), Drehmomenten, Gewichten und Massen von Rohrleitungen und Maschinen, dann erzeugt eine derartige Grundlast ein Komprimieren des Elastomers, so daß dadurch die Steifigkeit ansteigt und sich somit die Isolierwirkung verschlechtert. Bei dem hier untersuchten PHONOLYT-Fuß handelt es sich aber um ein relativ (statisch) steifes Element, so daß zu erwarten ist, daß sich dessen Steifigkeitsänderung und folglich auch dessen Isolierwirkung unter Einwirkung von statischen Drucklasten im zulässigen Belastungsbereich (2.000 kg) nur mäßig ändert.

Es ist deshalb das generelle Ziel der Untersuchungen, die Isolierwirkung dieses Abkoppellements im akustischen Frequenzbereich frequenzselektiv – in Terz-/Oktavspektren – quantitativ zu beschreiben und den Frequenzgang, d.h. den Verlauf und den Grad der Isolierung im Frequenzspektrum, anzugeben, wobei ganz besonders der Parameter „statische Druckvorlast“ (eingeteilt in 5 Lastbereiche: bis 100 kg / 1 kN, bis 300 kg / 3 kN, bis 500 kg / 5 kN, bis 1.000 kg / 10 kN, bis 2.000 kg / 20 kN) variiert wird.

Die Isolierwirkung läßt sich als Einfügungsdämmung/-dämpfung oder als Durchgangsdämmung/-dämpfung angeben. Dies sind recht unterschiedliche Eigenschaften. Der Begriff „**Dämmung**“ bezeichnet die Reduzierung der Schwingungsamplituden durch „Sperrern“ (z.B. Massen), wobei die Reduzierung der Schwingungsamplituden auf der Wirkung von „sperrenden“ bzw. „dämmenden“ Massenträgheiten und Steifigkeiten beruht. Mit „**Dämpfung**“ wird die irreversible Umwandlung von mechanischer Schwingungsenergie in Wärmeenergie bezeichnet. Abkoppellemente mit Elastomer- oder Kautschuk-/Gummieinlagen wirken in dieser Hinsicht überwiegend „dämpfend“. Im folgenden wird deshalb nur noch „Dämpfung“ verwendet.

Die **Einfügungsdämpfung** beschreibt die durch ein neues oder geändertes Abkoppellement erreichte Änderung (in der Regel Verbesserung) der Isolierwirkung im Vergleich zu einem Ausgangszustand. Die Einfügungsdämpfung ist das Verhältnis der Schwingungsamplituden an einem Ort ohne Abkoppellement zu den Schwingungsamplituden am gleichen Meßort mit eingefügtem Abkoppellement. Dagegen beschreibt die **Durchgangsdämpfung** die Reduzierung der Schwingungsamplituden durch ein Abkoppellement, indem das Verhältnis der Schwingungsamplituden vor und hinter dem Abkoppellement in Beziehung gesetzt werden.

Die Einfügungsdämpfung ist in der Regel kleiner als die Durchgangsdämpfung. Beide Dämpfungen sind aber annähernd gleich, wenn man in rückwirkungsfreien Systemen eine starre Befestigung durch ein elastisches Abkoppellement ersetzt. Physikalisch und mechanisch eindeutig ist die Durchgangsdämpfung, da bei ihr nur der Unterschied zwischen Eingang und Ausgang des Elementes zu messen ist.

Ersetzt man in einem rückwirkungsfreien System eine starre Befestigung (gekennzeichnet durch eine Durchgangsdämpfung von 0 dB!) durch ein elastisches Element (gekennzeichnet durch eine Durchgangsdämpfung x dB!), dann ist auch mit einer um x dB geringeren Schwingungsanregung der weiteren angeschlossenen Bauteile (z.B. Wand, Decke usw.) zu rechnen. Die Einfügungsdämpfung beträgt in diesem Fall dann auch

x dB. Ersetzt man dagegen ein bereits vorhandenes elastisches Element (gekennzeichnet durch eine Durchgangsdämpfung von y dB!) durch ein anderes elastisches Element (gekennzeichnet durch eine Durchgangsdämpfung von x dB!), dann beträgt die Einfügdämpfung nur $(y - x)$ dB.

2. Meßtechnische Bestimmung der Durchgangsdämpfung

Bild 2.1 zeigt den Prüfstand zur Messung der Durchgangsdämpfung. Über einen besonders gestalteten Lasthebel wird die o.a. statische Druckbelastung auf den PHONOLYT-Fuß aufgeprägt. Über ein Gestänge wird von einem über dem PHONOLYT-Fuß angebrachten elektrodynamischen Schwingerreger (Shaker) eine dynamische Anregung („Weißes Rauschen“) in den PHONOLYT-Fuß eingeleitet. Der PHONOLYT-Fuß ist auf einer Stahlplatte angebracht, die als elastisches Zwischenfundament dient. Mit einem Beschleunigungsaufnehmer (Sensor #1) werden die Schwingungsamplituden am „Eingang“ des Elements und mit einem zweiten Beschleunigungsaufnehmer (Sensor #2) werden die Schwingungsamplituden am „Ausgang“ des Elements erfaßt. Diese Anordnung von Körperschallsensoren an einem Phonolyt-Element ist typisch sich zur Bestimmung der Durchgangsdämpfung.

Die regelmäßige Differenz der Schwingungspegel am Eingang des PHONOLYT-Fußes (Bild 2.1: Sensor #1) und am Ausgang des PHONOLYT-Fußes (Bild 2.1: Sensor #2) liefert also die Durchgangsdämpfung. Die Signale der beiden Sensoren werden unmittelbar einem mit einer hochauflösenden Meßwerterfassungskarte ausgestatteten PC zugeführt und mit der Auswertesoftware weiterverarbeitet. Der prinzipielle Ablauf der Messungen erfolgt in der Regel in mehreren Schritten:

1. Kalibrierung der Sensoren und der gesamten Meßkette.
2. Einlesen aller Messungen im Meßwerterfassungsrechner (2-kanalig).
3. Berechnung des Frequenzspektrums aller Einzelmessungen in den gewünschten oder geforderten Frequenzgrenzen in schmalbandiger Weise oder in Terzen und Oktaven. Bei Schmalbandanalyse werden die Spektren grundsätzlich in der größtmöglichen Auflösung von 1600 Linien bestimmt. Bei einer oberen Frequenzgrenze von 5000 Hz ist somit eine Auflösung von ca. 3 Hz gewährleistet. Alle Meßzustände werden meist – wenn nicht anders gefordert – in zwei Frequenzgrenzen gemessen: 0 Hz bis 1.600 Hz (1 Hz Auflösung) und 0 Hz bis 5.000 Hz (ca. 3 Hz Auflösung).
4. Aus mindestens jeweils 30 Einzelmessung werden gemittelte Spektren gebildet. Somit werden Streuungen in den Meßergebnissen stark reduziert.
5. Alle aus der Meßwerterfassungskarte gespeicherten Spektren werden als ASCII-Files abgelegt und anschließend unter EXCEL eingelesen und numerisch und grafisch weiterverarbeitet.

Als Meßwerterfassungskarte steht eine STAC-Karte SP216 eingesetzt. Ihre wesentlichen technischen Daten lauten: 16 Bit Dynamikumfang (entsprechend 96 dB theoretisch), Abtastrate 100.000 Messungen/s, alle wichtigen Filter.

Als PC wird ein handelsüblicher Rechner mit Pentium 166 MHz unter dem Betriebssystem „Windows 95“ verwendet.

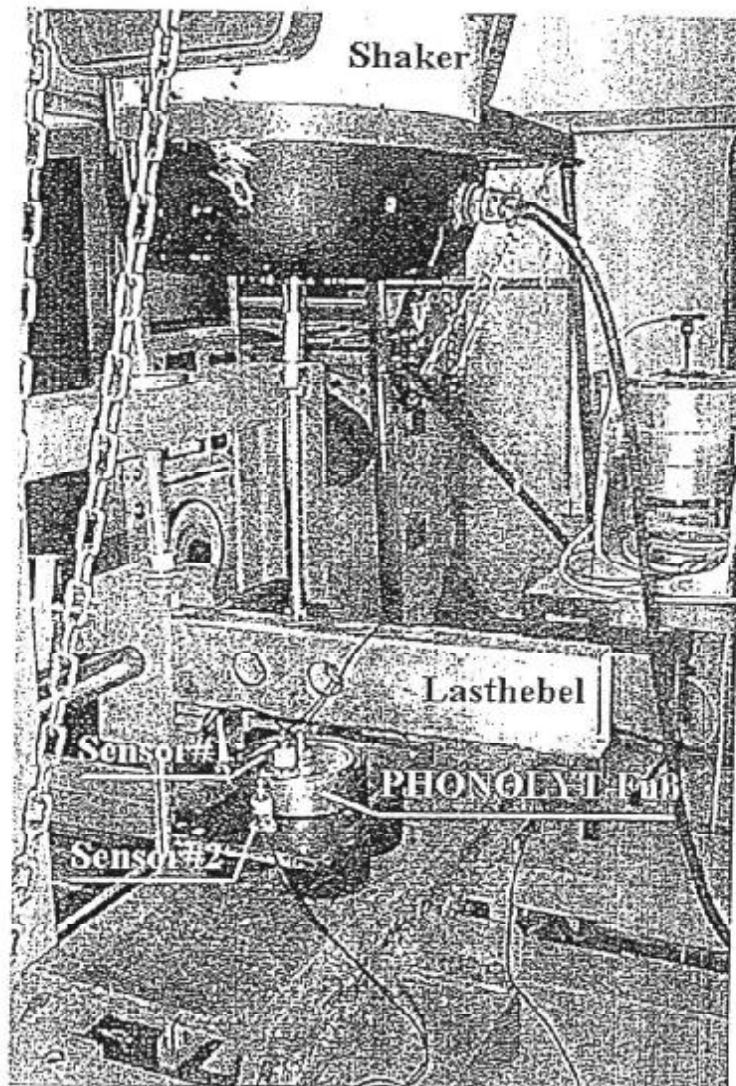


Bild 2.1: Typische Montage von zwei Beschleunigungsaufnehmern zur Messung der Durchgangsdämpfung am PHONOLYT-Fuß

Die Sensoren stammen von B&K und von HP. Es handelt sich um sog. ICP-Aufnehmer auf Piezoquarzbasis, die keinen weiteren Ladungsverstärker mehr erfordern, sondern direkt von der Meßwerterfassungskarte versorgt werden. Weitere Meßtechnik wird nicht benötigt.

Die Schwingungsanregung erfolgt mit einem elektrodynamischen Shaker (Fa. LDS), der teilweise mit „weißem Rauschen“ oder „rosa Rauschen“ (breitbandige Anregungssignale) betrieben wird. Diese Rauschsignale werden mit einem Rauschgenerator erzeugt und einem Leistungsverstärker zugeführt. Der Shaker ist über ein variables Gestänge fest mit den zu untersuchenden Elementen mechanisch verbunden und speist auf diesem Wege – gesteuert von der Signalquelle – Körperschall in die Elemente ein.

Die zu untersuchenden Elemente werden auf einem Fundament bekannter Impedanz befestigt. Unmittelbar am Krafteinleitungsort in das Element (Eingang) sowie am Ausgang des Elementes (Koppelung an bekanntes Fundament) befinden sich je ein Körperschallsensor, mit denen die Schwingungsamplituden gemessen werden. Meist werden neben den Körperschallaufnehmern auch Kraftsensoren eingesetzt, um über einen Abgleich der Kraft- und Beschleunigungsdaten ein Höchstmaß an relevanten, reproduzierbaren und gesicherten Daten zu erhalten.

Der eigentliche Prüfstand besteht aus einem statisch steifen Gestell, dessen Besonderheit die Erzeugung großer statischer Vorlasten in feinen und reproduzierbaren Schritten bis maximal 3.000 kg ist. Diese statische Vorlast wird über einen Lasthebel auf den PHONOLYT-Fuß übertragen und dabei erst am Krafteinleitungsort des zu untersuchenden Elements mit der vom Shaker erzeugten dynamischen Kraft überlagert, so daß der Shaker frei von diesen äußeren Kräften eingesetzt werden kann.

Die in der Anlage zu diesem Bericht grafisch und tabellarisch angegebenen Durchgangsdämpfungen wurden entsprechend der in Bild 2.2 gezeigten Wirkungsrichtung meßtechnisch ermittelt.

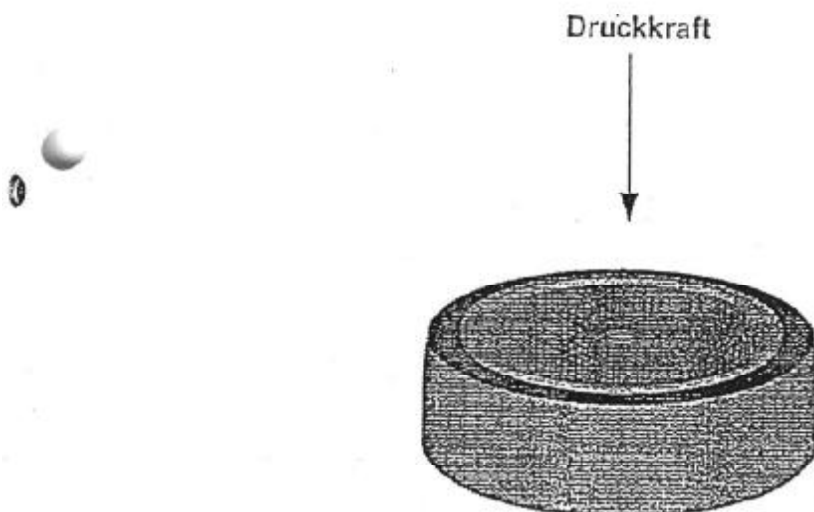


Bild 2.2: Zum konstruktiven Aufbau (links) und zur Anregungsrichtung (rechts) des PHONOLYT-Fußes

3. Erläuterung zum Meßverfahren

In der Bauakustik wird zur Bestimmung der Isolierwirkung von Abkoppellementen aus dem Anwendungsbereich „Wasserinstallation“ häufig eine Prüfwand von 220 kg/m^2 (DIN 52 218; DIN 52 219) verwendet und die akustische Wirkung der zu untersuchenden Abkoppellemente bei verschiedenen definierten Fließdrücken oder Fallhöhen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Schallemission hinter der Installationswand gemessen. Werden auf diese Weise unterschiedliche Befestigungsvarianten am gleichen Prüfaufbau akustisch gemessen, so erhält man relative Unterschiede, die in der Praxis – streng genommen – nur an der gleichen Wand zu gleichen relativen Ergebnissen führen. Eine Übertragbarkeit auf andere Wandaufbauten, andere Baumaterialien und Bausubstanzen und selbst der Einfluß anderer Anregungsspektren ist erfahrungsgemäß nur mit Einschränkungen möglich. Eine absolute Schallprognose ist dann kaum möglich, auch wenn die relativen Unterschiede im wesentlichen qualitativ bestehen bleiben.

Das hier angewendete Verfahren liefert im Unterschied hierzu Ergebnisse, die von einem definierten Testfundament auf andere Fundamente übertragbar sind¹. Das Verfahren ermöglicht die quantitative Abschätzung und Vorausbestimmung der zu erwartenden Schallabstrahlung von körperschallerregten Wänden, insbesondere von Installationswänden, in an solche Wände angrenzende Räume, wenn bestimmte, aber leicht zu beschaffende Randbedingungen bekannt sind. Ein entscheidender Einfluß in der Prognoserechnung ist dabei die genaue Kenntnis von der frequenzabhängigen Durchgangsdämpfung von Abkoppellementen.

4. Meßergebnisse

Mit dem beschriebenen Meßaufbau ergeben sich die in der Anlage zusammengestellten und dokumentierten Ergebnisse für die Durchgangsdämpfungen und für die Federraten.

Es kann festgestellt werden, daß mit dem Befestigungselement „PHONOLYT-Fuß“ eine erhebliche Pegelreduzierung des über die Befestigung in den Baukörper eingeleiteten Körperschalles zu erreichen ist und sich diese Reduzierung gleichermaßen qualitativ und quantitativ auch in der Schallemission auswirken wird.

Wesentlich ist dabei auch die Feststellung, daß die Variation der Stärke der statischen Vorlast keinen nennenswerten Einfluß auf die Isolierwirkung hat.

¹ S. VDI-Bericht Nr. 1121 (1994)

Eine konsequente Körperschallentkopplung der Störschallquellen (körperschallführende Rohrleitungen, körperschallmittlernde Aggregate, usw.) an allen Befestigungs- und Berührungspunkten zum Baukörper hin ist grundsätzlich zu gewährleisten. Insofern bietet der PHONOLYT-Fuß innerhalb eines Befestigungssystems einen Koppelpunkt, der die Eigenschaften „hohe statische Steifigkeit“, „hohe Lastaufnahme“ und „große Durchgangsdämpfung“ in idealer Weise kombiniert.

Darmstadt, den 17.04.1997

R. Storm

Dr.-Ing. R. Storm

| | | |
|---|---|--|
| Anlage 1/1 Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Fuß | Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Fuß Druckbeanspruchung | Dr.-Ing. R. Storm Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt |
|---|---|--|

Terzspektren für MÜPRO-Fuß-Element unter Druckbelastung

| Frequenz/Hz | bis 100 kg | bis 300 kg | bis 500 kg | bis 1000 kg | bis 2000 kg |
|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 25 | 4,9 | 4,7 | 4,3 | 3,1 | 3,4 |
| 31,5 | 4,9 | 6,1 | 7,7 | 4,0 | 3,2 |
| 40 | 6,1 | 7,5 | 8,0 | 3,4 | 3,4 |
| 50,0 | 4,3 | 5,4 | 6,6 | 4,4 | 2,5 |
| 63 | 2,2 | 3,2 | 3,7 | 1,8 | 1,8 |
| 80 | 1,6 | 3,1 | 4,3 | 3,2 | 1,5 |
| 100 | 5,1 | 6,8 | 5,7 | 3,7 | 3,0 |
| 125 | 3,7 | 3,7 | 3,5 | 2,2 | 1,3 |
| 160 | 3,0 | 4,5 | 5,4 | 3,1 | 1,9 |
| 200 | 1,2 | 2,9 | 1,9 | 0,9 | 0,4 |
| 250 | 4,2 | 4,9 | 6,3 | 5,3 | 4,3 |
| 315 | 3,5 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1,4 |
| 400 | 0,3 | 0,2 | -0,8 | -0,8 | -0,3 |
| 500 | -0,8 | -3,5 | -4,9 | -3,8 | -2,2 |
| 630 | 5,1 | 6,7 | 3,8 | 2,6 | 2,6 |
| 800 | 6,8 | 5,5 | 5,1 | 4,9 | 5,2 |
| 1000 | 8,8 | 7,2 | 6,9 | 6,1 | 5,7 |
| 1250 | 23,5 | 19,7 | 19,6 | 17,4 | 15,4 |
| 1600 | 27,0 | 28,5 | 27,8 | 25,5 | 22,4 |
| 2000 | 32,8 | 32,5 | 29,8 | 26,2 | 23,2 |
| 2500 | 33,1 | 30,5 | 27,4 | 25,4 | 23,2 |
| 3150 | 28,2 | 25,2 | 24,0 | 22,7 | 21,8 |
| 4000 | 21,9 | 20,2 | 19,1 | 18,3 | 17,3 |
| 5000 | 15,7 | 15,4 | 14,1 | 13,3 | 11,5 |
| 6300 | 16,9 | 20,6 | 19,1 | 17,2 | 17,6 |
| 8000 | 20,1 | 23,4 | 23,2 | 21,1 | 15,2 |
| 10000 | 22,8 | 21,2 | 19,8 | 18,0 | 18,8 |

Oktavspektren für MÜPRO-Fuß-Element unter Druckbelastung

| Frequenz/Hz | bis 100 kg | bis 300 kg | bis 500 kg | bis 1000 kg | bis 2000 kg |
|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 31,5 | 5,4 | 6,2 | 7,0 | 3,5 | 3,3 |
| 63 | 2,8 | 4,0 | 5,1 | 3,3 | 1,9 |
| 125 | 4,0 | 5,2 | 5,0 | 3,0 | 2,1 |
| 250 | 3,1 | 3,4 | 3,8 | 2,9 | 2,4 |
| 500 | 2,4 | 3,1 | 0,8 | 0,1 | 0,5 |
| 1000 | 18,9 | 15,4 | 15,2 | 13,2 | 11,5 |
| 2000 | 31,7 | 30,8 | 28,5 | 25,7 | 22,9 |
| 4000 | 24,5 | 22,0 | 20,8 | 19,6 | 18,7 |
| 8000 | 20,6 | 21,9 | 21,1 | 19,1 | 17,4 |

mittlere Dämpfung

| Hz | bis 100 kg | bis 300 kg | bis 500 kg | bis 1000 kg | bis 2000 kg |
|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| bis 500 Hz | 3,7 | 4,6 | 4,8 | 2,7 | 2,1 |
| über 500 Hz | 26,9 | 25,9 | 23,9 | 21,5 | 19,3 |
| über alles | 23,9 | 22,9 | 20,9 | 18,6 | 16,4 |

| | | |
|---|--|--|
| <p>Anlage 1/2</p> <p>Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Fuß</p> | <p>Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Fuß Druckbeanspruchung Terz- und Oktavspektrum</p> | <p>Dr.-Ing. R. Storm</p> <p>Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt</p> |
|---|--|--|

