

Prüfbericht

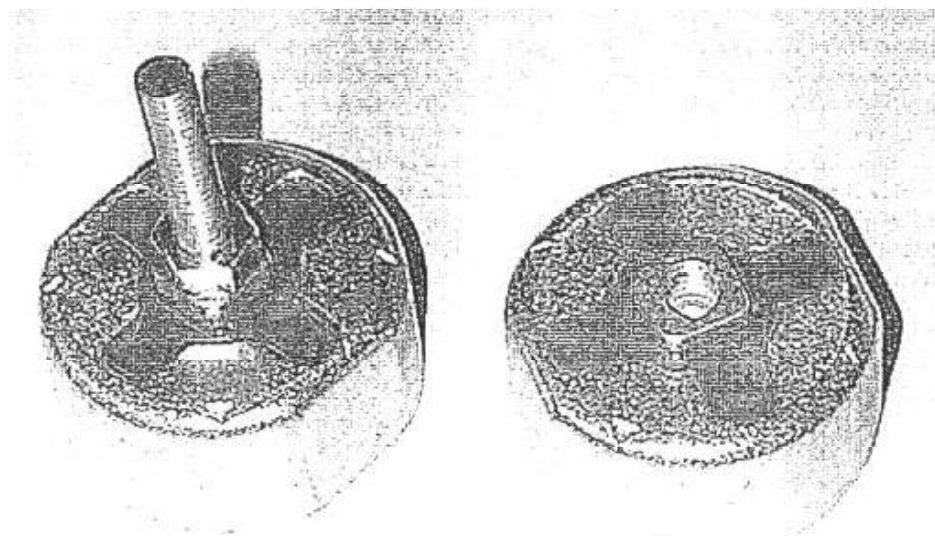
Schalldämmung

gültig für
PHONOLYT[®] Knopf

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-Knopf



Dr.-Ing. Rainer Storm
Akademischer Direktor
Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinakustik
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



Dr.-Ing. R. Storm

- Antragsteller:** Firma MÜPRO GmbH
Befestigungs- und Schallschutzsysteme
Hessenstraße 11
65719 Hofheim-Wallau
- Prüfobjekt:** PHONOLYT-Knopf
- Allg. Antrag:** Untersuchung der **Durchgangsdämpfung** in
bei statischer Zug-, Druck-, Schubbelastung und bei Biegung
- Spez. Antrag:** Variation der statischen Vorlast in den Lastbereichen:
bis 50 kg, bis 150 kg, bis 250 kg
- 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 Befestigungsbauteil handelt es sich um ein 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 Zug-, Druck-, Schub- und Biegebelastung aufweist. Es eignet sich daher besonders für die Montage in Rohrleitungssystemen und als statisch steifes, dynamisch weiches Befestigungselement zur Aufhängung und Bodenmontage für 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 (Stützkräften), 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-Knopf 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 zulässiger Vorlasten 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 Vorlast“ hinsichtlich Art (Zug-, Druck, Schub und Biegung) und Größe (3 Lastbereiche: bis 500 N, bis 1.500 N, bis 2.500 N) 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 „Sperren“ (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 (ge-

kennzeichnet durch eine Durchgangsdämpfung von x dB!), dann beträgt die Einfü-
gungsdämpfung nur $(y - x)$ dB.

2. Meßtechnische Bestimmung der Durchgangsdämpfung

Bild 2.1 zeigt eine typische Anordnung von Körperschallsensoren (Beschleunigungs-
aufnehmer) an einem Phonolyt zur Bestimmung der Durchgangsdämpfung (in den ge-
zeigten Darstellungen bei statischer axialer Schubbeanspruchung mit Messung der
Durchgangsdämpfung in Hochrichtung des PHONOLYT-Knopfes (Zug-
/Druckrichtung) – rechts - und in axialer Richtung - links).

Die pegelmäßige Differenz der Schwingungspegel am Eingang des PHONOLYT-
Knopfes (Bild 2.1 links: Sensor #2; Bild 2.1 rechts: Sensor #3) und am Ausgang des
PHONOLYT-Knopfes (Bild 2.1 links: Sensor #1; Bild 2.1 rechts: Sensor #5) liefert 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. So-
mit 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 gra-
fisch weiterverarbeitet.

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

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

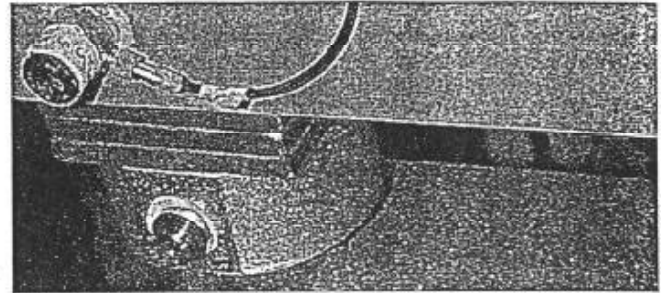
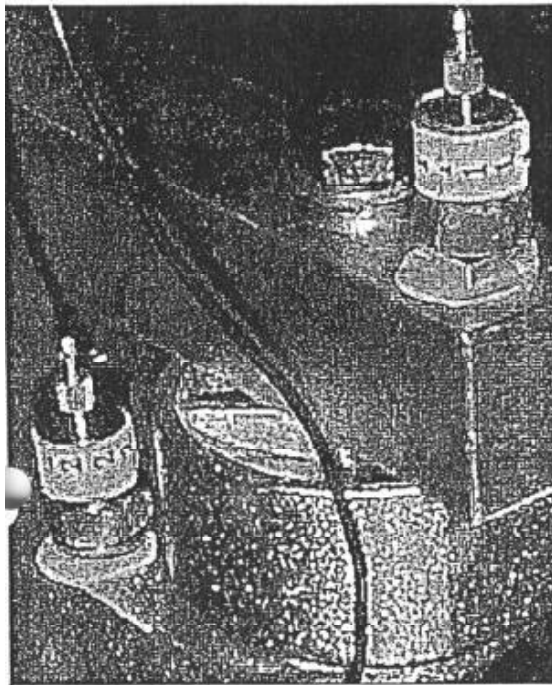


Bild 2.1: *Typische Montage von zwei Beschleunigungsaufnehmern zur Messung der Durchgangsdämpfung (links: Zug-/Druckrichtung; rechts: Schubrichtung)*

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 wahlweise 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. Die Montage und Anordnung des PHONOLYT-Knopfes auf der Prüfvorrichtung orientiert sich dabei nach der statischen Belastungsart (Zug-, Druck-, Schub- und Siegebelastung), da die statischen Kräfte nur in vertikaler Richtung erzeugt werden können. Dazu wurde eine besondere Vorrichtung entworfen, die diese Richtungsein-

Richtung der statischen Vorlast	Ermittlung der Durchgangsdämpfung
Zug (Hochrichtung; pos. Z-Richtung)	in Zugrichtung
Druck (Hochrichtung; neg. Z-Richtung)	in Druckrichtung
Schubrichtung (Längsrichtung; X-/Y-Richtung)	Mittelung aus Zug-/Druckrichtung und X- und Y- Schubrichtung
Schubrichtung quer (Querrichtung; Y-Richtung)	Mittelung aus Zug-/Druckrichtung und in Richtung der Biegebelastung

3. Erläuterung zum Meßverfahren

In der Bauakustik wird zur Bestimmung der Isolierwirkung von Abkoppелеlementen aus dem Anwendungsbereich „Wasserinstallation“ häufig eine Prüfwand von 220 kg/m² (DIN 52 218; DIN 52 219) verwendet und die akustische Wirkung der zu untersuchenden Abkoppелеlemente 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 Unterschied im wesentlichen qualitativ bestehen bleiben.

Das hier angewendete Verfahren liefert im Unterschied hierzu Ergebnisse, die von einem definierten Testfundament auf andere Fundamente übertragbar sind ¹. 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 Abkoppелеlementen.

¹ S. VDI-Bericht Nr. 1121 (1994)

stellung ermöglicht. 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 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 wie folgt von der Richtung der statischen Vorlast abhängig bestimmt (s. Bild 2.2):

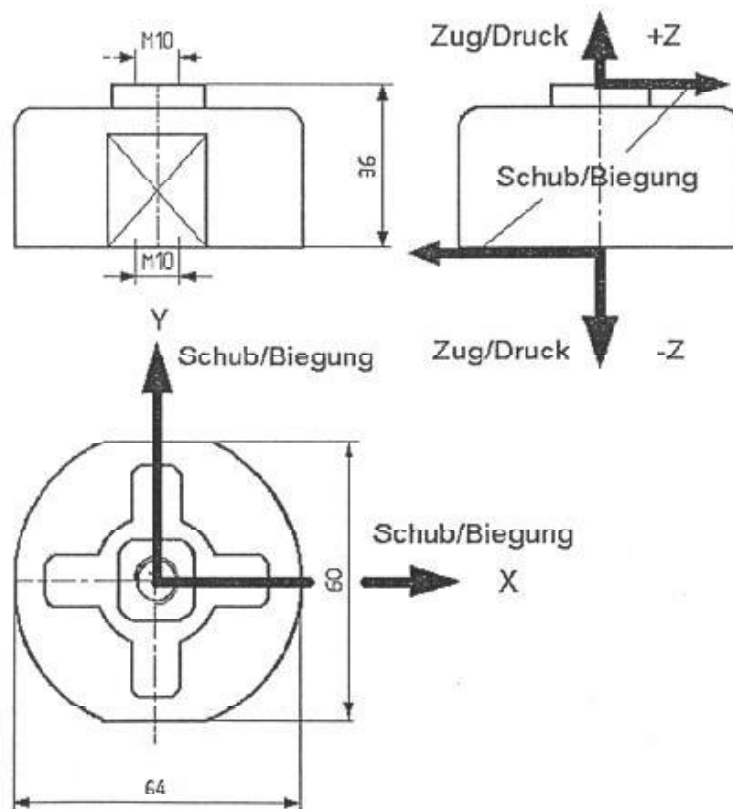


Bild 2.2: Bezeichnungen der Lastrichtungen am PHONOLYT-Knopf

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-Knopf“ 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.

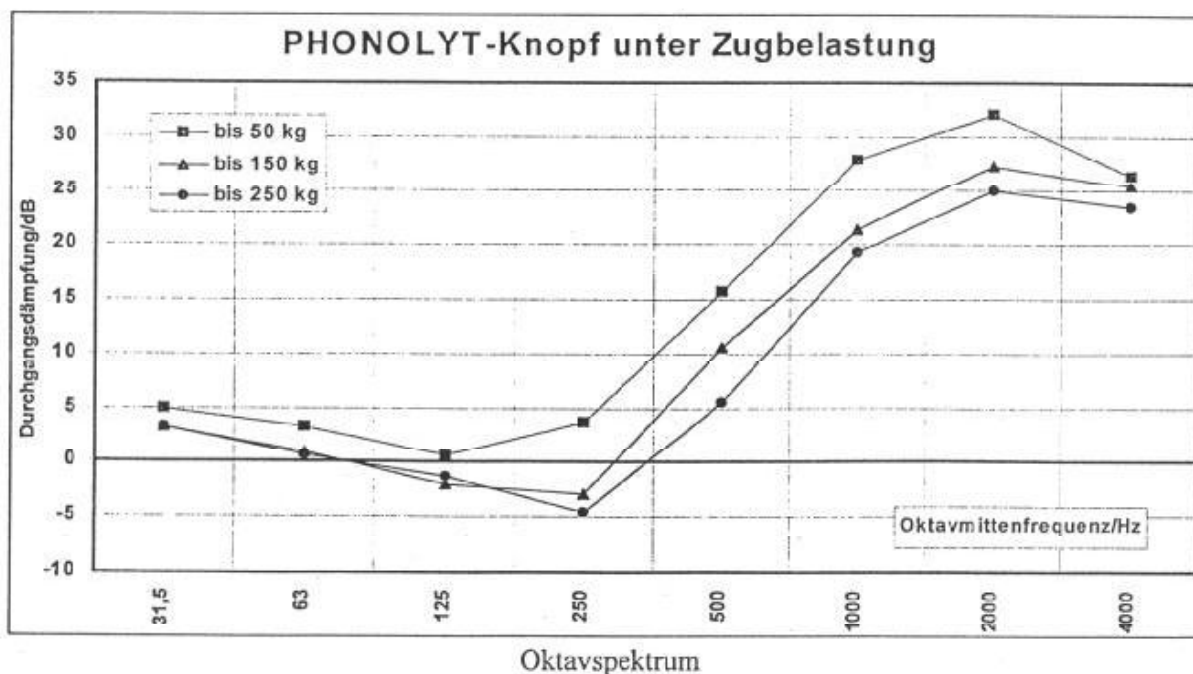
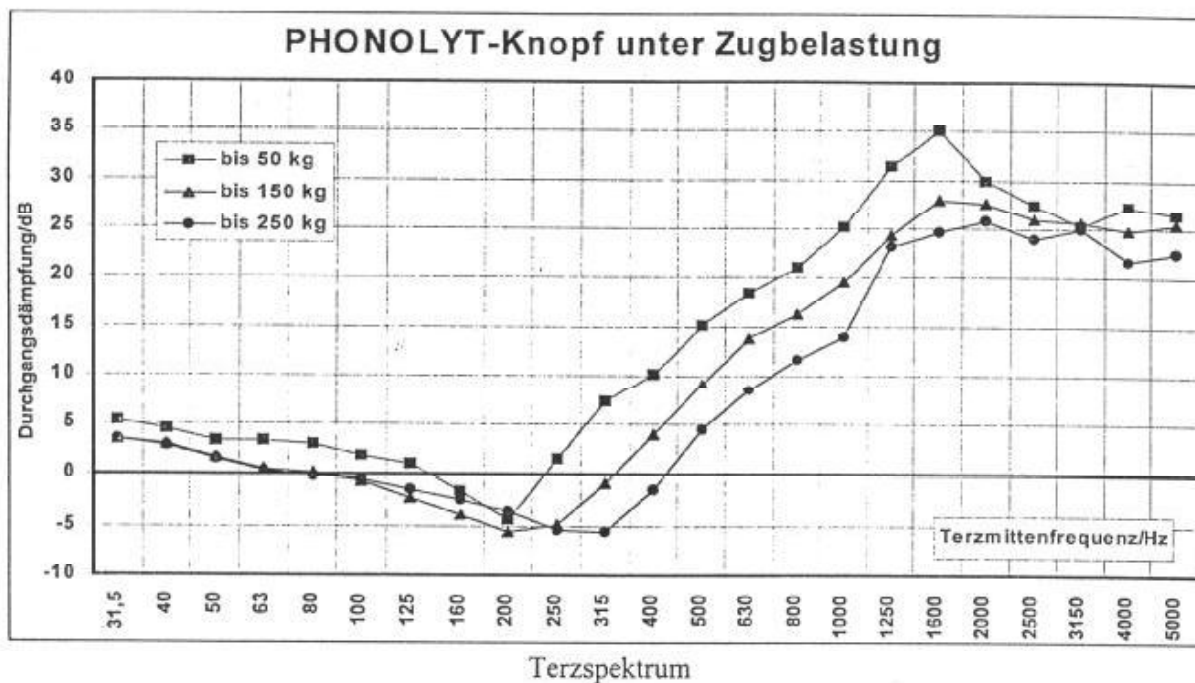
Eine konsequente Körperschallentkopplung der Störschallquellen (körperschallführende Rohrleitungen, körperschallmittlernde Aggregate, usw.) an **allen** Befestigungs- und Berührungspunkten zum Baukörper hin ist grundsätzlich zu gewährleisten. Insofern bietet der PHONOLYT-Knopf innerhalb eines Befestigungssystems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

Darmstadt, den 17.04.1997



Dr.-Ing. R. Storm

Anlage 1/2 Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Knopf	Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Knopf Zugbeanspruchung Terz- und Oktavspektrum	Dr.-Ing. R. Storm Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt
---	---	--



Anlage 2/1 Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Knopf	Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Knopf Druckbeanspruchung	Dr.-Ing. R. Storm Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt
---	---	--

Terzspektren für PHONOLYT-Knopf

Frequenz Hz	Druck bis 50 kg	Druck bis 150 kg	Druck bis 250 kg
31,5	5,3	5,4	5,3
40	4,8	5,0	5,0
50	4,5	4,3	4,5
63	3,7	3,5	3,0
80	3,8	2,6	2,0
100	2,8	1,8	1,4
125	1,4	0,9	0,9
160	-0,4	0,1	0,1
200	-3,3	-1,5	-0,7
250	-3,5	-3,1	-1,8
315	1,3	-3,5	-3,4
400	4,9	-3,5	-5,6
500	11,0	2,0	-3,0
630	14,9	7,7	3,5
800	17,9	11,3	6,4
1000	21,1	17,0	12,0
1250	29,8	24,4	19,4
1600	34,4	25,5	22,5
2000	32,6	29,3	26,9
2500	28,8	28,7	27,3
3150	28,1	27,2	26,3
4000	24,5	24,7	24,7
5000	26,7	26,6	25,9

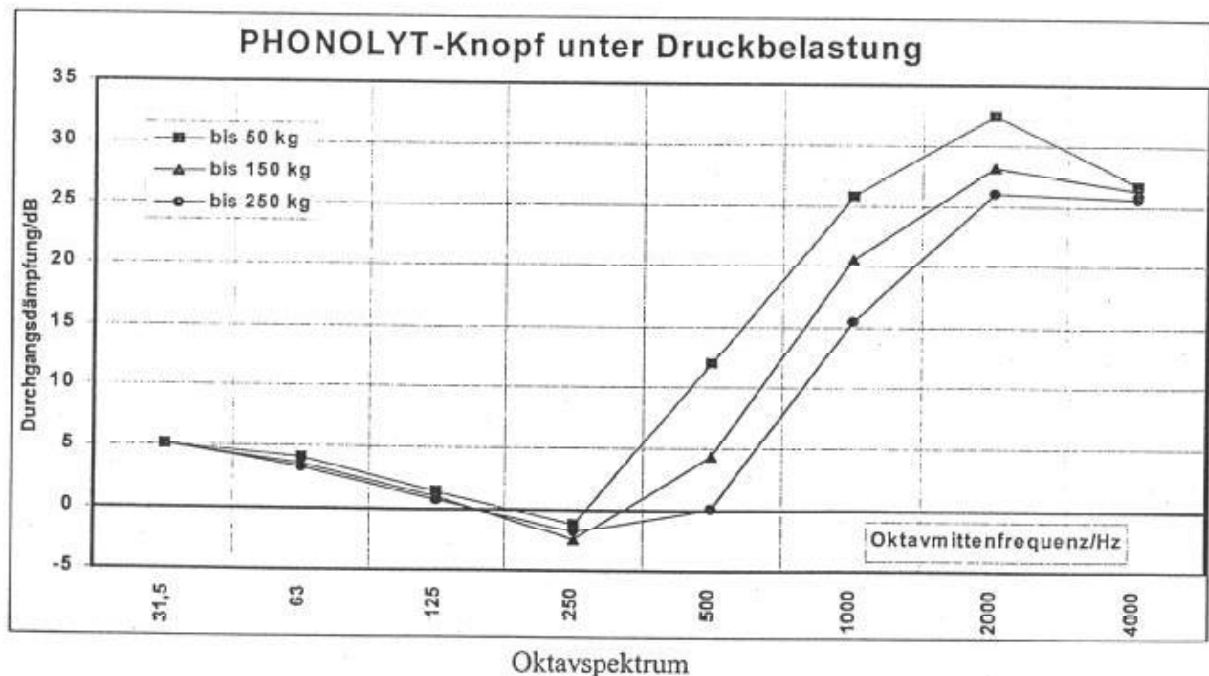
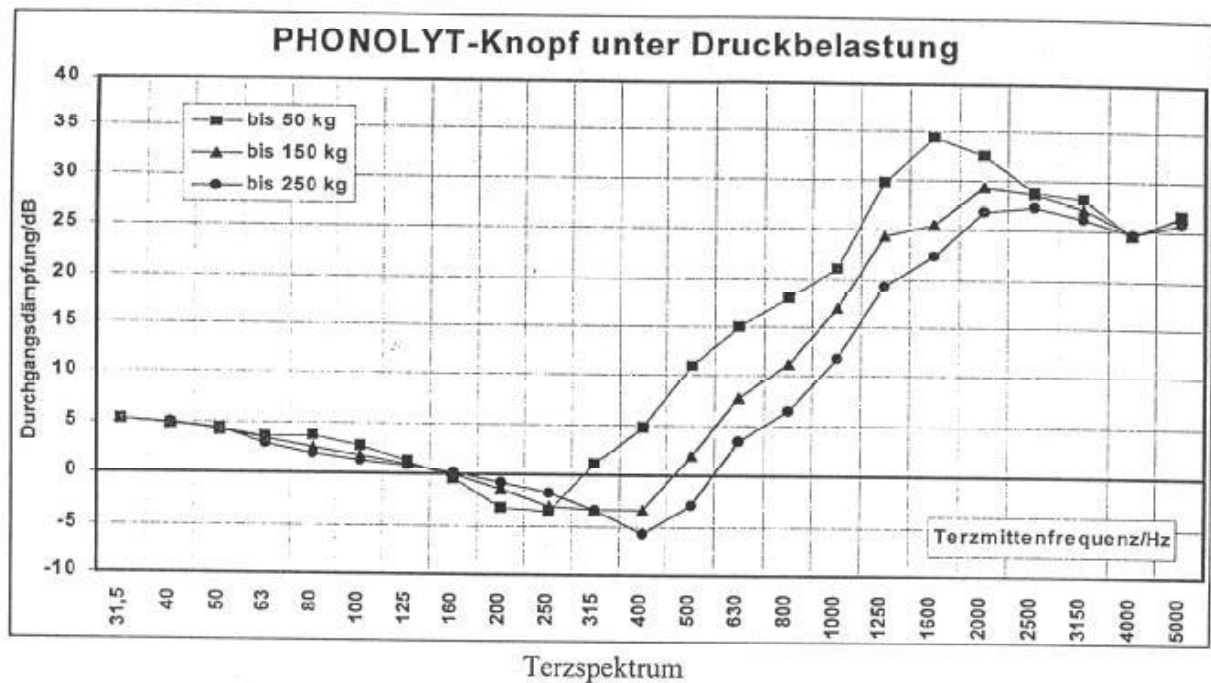
Oktavspektren für PHONOLYT-Knopf

Frequenz Hz	Druck bis 50 kg	Zug bis 150 kg	Zug bis 250 kg
31,5	5,0	5,2	5,1
63	4,0	3,5	3,3
125	1,4	1,0	0,8
250	-1,3	-2,6	-1,8
500	11,9	4,3	0,1
1000	25,8	20,5	15,5
2000	32,5	28,1	26,0
4000	26,7	26,3	25,6

Dämpfung für PHONOLYT-Knopf

Frequenz- bereich	Druck bis 50 kg	Zug bis 150 kg	Zug bis 250 kg
bis 315 Hz	2,8	2,6	2,5
ab 315 Hz	27,8	24,4	22,7
über alles	25,4	22,0	20,3

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



Anlage 3/1 Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Knopf	Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Knopf Schubbeanspruchung Terzspektrum	Dr.-Ing. R. Storm Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt
---	--	--

Terzspektren für PHONOLYT-Knopf

Angaben in dB

Frequenz Hz	Schubbelastung		
	bis 50 kg	bis 150 kg	bis 250 kg
25	0,1	-3,6	-3,2
31,5	-0,6	1,7	0,6
40	0,4	1,3	2,9
50	1,8	6,4	6,0
63	1,4	2,7	4,5
80	4,7	5,3	2,5
100	3,5	3,0	6,9
125	-1,1	1,1	2,2
160	-3,1	-5,2	-4,5
200	-1,7	-2,9	-0,9
250	7,5	7,3	7,7
315	13,5	8,5	5,8
400	12,9	12,4	9,4
500	16,4	16,8	13,8
630	15,9	16,3	13,6
800	16,1	12,0	11,5
1000	28,9	23,9	18,5
1250	27,4	25,3	19,7
1600	34,0	28,8	29,0
2000	23,0	21,0	26,1
2500	29,1	30,4	30,4
3150	25,5	20,4	21,9
4000	32,9	29,2	24,1
5000	11,0	15,4	11,4
6300	12,4	17,1	11,6
8000	13,0	13,2	13,3
10000	11,7	17,4	15,7
12500	14,3	19,0	19,8
16000	24,3	20,1	18,9

Oktavspektren für PHONOLYT-Knopf

Angaben in dB

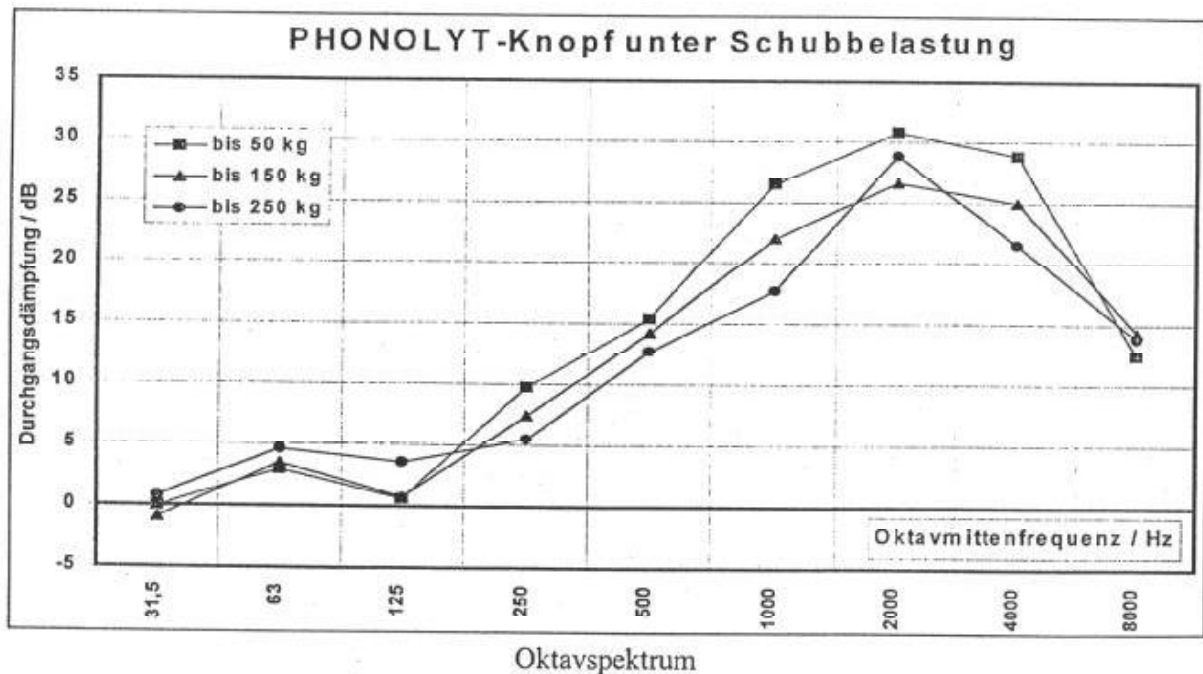
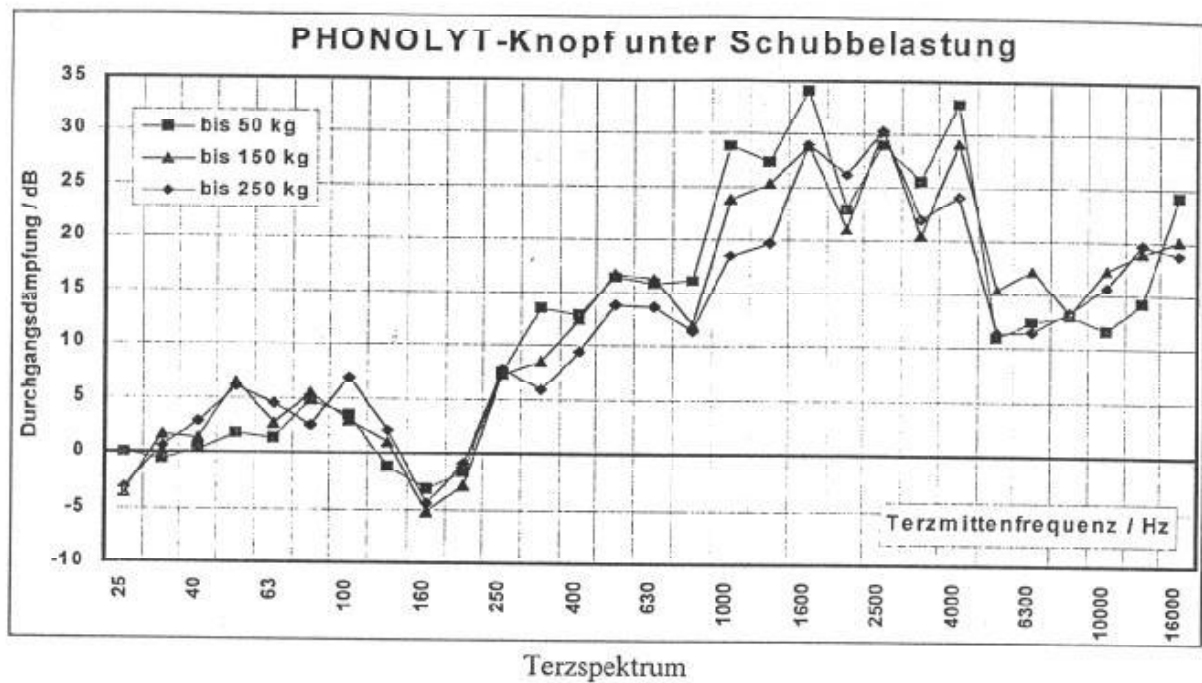
Frequenz Hz	Schubbelastung		
	bis 50 kg	bis 150 kg	bis 250 kg
31,5	0,0	-0,9	0,7
63	2,9	3,4	4,6
125	0,7	0,8	3,6
250	9,8	7,5	5,5
500	15,3	14,3	12,7
1000	26,6	22,0	17,7
2000	30,7	26,7	28,8
4000	28,9	25,0	21,5
8000	12,4	14,3	13,9

Dämpfung des PHONOLYT-Knopfes

Angaben in dB

Frequenz Hz	Schubbelastung		
	bis 50 kg	bis 150 kg	bis 250 kg
bis 230 Hz	1,1	0,3	3,0
über 230 Hz	26,1	22,1	22,3
25 - 16000 Hz	24,2	20,3	20,5

<p>Anlage 3/2 Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Knopf</p>	<p>Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Knopf Schubbeanspruchung Terz- und Oktavspektrum</p>	<p>Dr.-Ing. R. Storm Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt</p>
--	--	---



Anlage 4/1 Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Knopf	Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Knopf Biegebeanspruchung Terzspektrum	Dr.-Ing. R. Storm Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt
---	--	--

Terzspektren für PHONOLYT-Knopf
Angaben in dB

Frequenz Hz	Biegebelastung		
	bis 50 kg	bis 150 kg	bis 250 kg
25	-1,8	1,7	2,8
31,5	-4,4	1,0	-5,1
40	-3,4	-3,4	-8,4
50	-6,3	-3,1	-6,3
63	-8,7	-3,4	-3,7
80	-1,0	-4,4	-5,3
100	7,8	7,4	-7,2
125	15,8	12,9	-5,9
160	11,1	5,9	10,9
200	21,6	18,2	13,9
250	17,4	13,3	14,6
315	16,8	17,8	13,4
400	14,7	15,2	9,2
500	10,0	8,7	6,3
630	5,8	5,7	4,4
800	16,0	15,4	12,7
1000	5,9	4,4	4,0
1250	9,3	8,1	6,5
1600	1,9	0,6	1,8
2000	1,7	2,1	0,6
2500	4,2	1,2	2,7
3150	1,7	1,6	1,2
4000	15,9	14,6	6,6
5000	14,5	13,0	9,8
6300	16,5	14,8	13,4
8000	22,7	23,1	22,9
10000	22,6	21,2	14,6
12500	13,6	16,1	18,1
16000	12,8	10,8	9,3

Oktavspektren für PHONOLYT-Knopf
Angaben in dB

Frequenz Hz	Biegebelastung		
	bis 50 kg	bis 150 kg	bis 250 kg
31,5	-3,2	0,9	-0,5
63	-4,1	-1,3	-3,6
125	12,9	7,3	6,4
250	18,9	15,0	13,4
500	11,4	8,7	6,2
1000	12,4	10,1	9,2
2000	2,8	4,3	1,7
4000	13,7	11,3	6,6
8000	21,3	18,7	17,6

Dämpfung des PHONOLYT-Knopfes
Angaben in dB

Frequenz Hz	Biegebelastung		
	bis 50 kg	bis 150 kg	bis 250 kg
bis 230 Hz	13,1	8,9	6,1
über 230 Hz	15,9	14,1	13,5
25 - 16000 Hz	15,1	12,8	12,1

<p>Anlage 4/2 Prüfbericht zu Dämpfungsmessungen am PHONOLYT-Knopf</p>	<p>Durchgangsdämpfung PHONOLYT-Knopf Biegebeanspruchung Terz- und Oktavspektrum</p>	<p>Dr.-Ing. R. Storm Akadem. Direktor Fachgebiet Maschinenelemente und Maschinenakustik Technische Universität Darmstadt</p>
--	--	---

