

*Maschinenlagerung mit  
Schwingungsdämpfern und -isolatoren der  
RG+ Schwingungstechnik GmbH*



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
Kurzzusammenfassung .....	2
Einleitung / Problemstellung .....	2
Einflüsse auf die erfolgreiche Lagerung – welche Kennwerte benötige ich. ....	4
Gewicht der Maschine und Anzahl der Montagebohrungen .....	4
Dreh- und Hubzahlen der Maschine.....	6
Sonstige Einflüsse .....	8
Konstruktionsraum und weitere Anbindungen.....	8
Äußere Einflüsse .....	8
Beispiele .....	9
Quellisolation einer Pumpe mittels Federisolatoren .....	9
Empfängerdämpfung eines Wärmetauschers mittels Druck-Zug Elementen.....	10
Produktlinks.....	11
Kontakt .....	11

## Kurzzusammenfassung

Die wichtigsten Punkte zur Lagerung mit Schwingungsdämpfern auf einem Blick:

- Alle zusammenhängenden Komponenten müssen gelagert werden
- Standzeiten der Maschinen werden durch schwingungsentkoppelnde Lagerungen stark erhöht
- Der Arbeitsplatz Ihrer Angestellten wird von störenden Vibrationen abgekoppelt
- Fragen Sie bei Unklarheiten bezüglich der Auslegung unbedingt einen Fachmann

## Einleitung / Problemstellung

Ungewollte Schwingungen können in vielerlei Hinsicht negativ für ein Unternehmen sein. Sei es der Arbeitsplatz Ihrer Angestellten, die neben einer nicht oder falsch gelagerten Stanze arbeiten und durch in den Boden übertragene Vibrationen gestört werden. Seien es die restlichen Maschinen neben einer falsch gelagerten Applikation, die nicht mehr richtig arbeiten können. Oftmals ist es die Applikation selber, die durch interne oder umweltinduzierte Schwingungen Schaden nimmt. Gerade aus wirtschaftlicher Sicht sind die Gründe für eine Anschaffung von Entkopplungselementen vielfältig.

Diese machen einen Bruchteil des Gesamtbudgets aus, wenngleich sie im Betrieb dazu führen, dass die gelagerten Komponenten geschont werden. Ihre Lebensdauer wird gesteigert. Somit ist ein mit Schwingungsdämpfern ausgestattetes System oftmals langlebiger, wirtschaftlicher und sorgt zudem für ein angenehmeres Arbeitsumfeld.

Welche Schwingungsdämpfer sollen verwendet werden? Hier muss zuerst die Frage gestellt werden, welche Komponenten durch Maschinenfüße gelagert werden sollen und wie so eine Lagerung aussieht. Im ersten Schritt ist es wichtig zu wissen, dass Schwingungsdämpfung in zweierlei Hinsicht geschehen kann. Man unterscheidet in Quell- und Empfängerisolation /-dämpfung. Der Unterschied ist wie folgt:

- **Quellisolation / -dämpfung:** Hält die von der Maschine abgegebenen Vibrationen aktiv von der Umwelt und somit sämtlichen anderen Komponenten sowie dem Menschen fern.
- **Empfängerisolation / -dämpfung:** Hält die von der Umwelt induzierten Vibrationen passiv von Maschinen fern.

*Abbildung 1: Arten der Schwingungsdämpfung*

Dieses Dokument soll auf simple und kompakte Art und Weise darstellen, wie Anlagenkomponenten relativ einfach durch Schwingungsdämpfer gelagert werden. Hierbei werden die oben genannten Bereiche der Isolation und Dämpfung berücksichtigt.

Einflüsse auf die erfolgreiche Lagerung – welche Kennwerte benötige ich.

Für die Auslegung der richtigen Schwingungsdämpfer ist es wichtig, folgende Informationen bzw. Kennzahlen zu kennen:

#### *Gewicht der Maschine und Anzahl der Montagebohrungen*

Ein Parameter bei der Auslegung ist das Gewicht der zu lagernden Applikation im Zusammenhang mit den vorhandenen Auflagerpunkten. Dies ist aus zweierlei Gründen wichtig:

1. Jeder Schwingungsdämpfer hat ein statisches und dynamisches Maximum und Minimum, mit dem er belastet werden darf. Dies sollte weder über- noch unterschritten werden.
2. Die Einfederung bei einer Lagerung mittels Federisolatoren ist für die Abstimmung Maschine/Feder unabdingbar. Durch die Auflagerkraft und die vorhandene Federsteifigkeit kann diese Einfederung berechnet und somit ein gutes und wirtschaftliches Abstimmverhältnis bestimmt werden.

Für die Auslegung des idealen Falls mit einem mittigen Schwerpunkt bedient man sich der folgenden Gleichung:

$$F_{Dämpfer} = \frac{m_{Maschine} * 9,81 \frac{m}{s^2}}{n_{Auflager}} \quad (1)$$

mit  $F_{Dämpfer}$  = stat. Last pro Dämpfungselement in N;  $m_{Maschine}$  = Masse der Maschine in kg;  $n_{Auflager}$  = Anzahl der Montagepunkte.

Die Einfederung eines Elements wird vereinfacht über die Beziehung

$$s_{Dämpfer} = F_{Dämpfer} / k \quad (2)$$

mit  $s_{Dämpfer}$  = Einfederung des Dämpfungselements in mm;  $k$  = Steifigkeit des Schwingungsdämpfers in  $N/mm$  berechnet.

Liegt der Schwerpunkt einer Maschine, wie in Abbildung 2 auf einer Achse außermittig, so ist die Last eines einzelnen Dämpfers durch Gleichung 3 wie folgt zu berechnen.

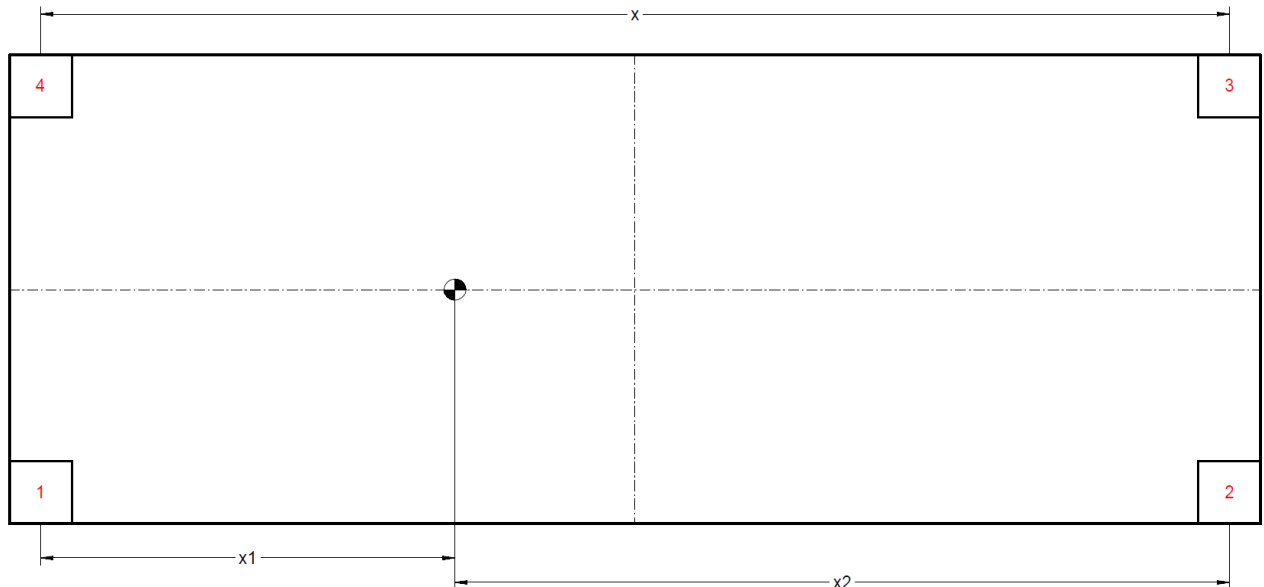


Abbildung 2: Lagerung mit außermittigem Schwerpunkt

$$F_1 = \frac{1}{2} * \left( \frac{m_{\text{Maschine}} * 9,81 \frac{m}{s^2} * x_2}{x} \right) \quad (3)$$

Analog verfährt man mittels des Hebelgesetzes mit den weiteren Dämpfern 2 bis 4.

### Dreh- und Hubzahlen der Maschine

Nichts ist schlimmer als eine nicht richtig berechnete Maschinenlagerung und hieraus resultierend kostenintensive Stillstände im Betrieb. Läuft eine Applikation in Resonanz, was bedeutet, die Störfrequenz im System ist gleich der Eigenfrequenz der Lagerung, kann es zum Aufschaukeln der Maschine und so zu Schäden an der Anwendung kommen. Die meisten Maschinen sind hier über einen „Not-Aus-Schalter“ gesichert. Nichtsdestotrotz ist der Effekt des Aufschaukelns zu vermeiden, weswegen eine Betrachtung der vorliegenden Erregerfrequenzen im System vorzunehmen ist.

Die Vergrößerungsfunktion in Abbildung 3 zeigt anschaulich, wie sehr sich die Amplitude eines Systems vergrößert, wenn das Abstimmungsverhältnis

$$\eta = \frac{\text{Erregerfrequenz des Systems}}{\text{Eigenfrequenz des Isolators}} = \frac{f_{\text{Maschine}}}{f_{\text{Dämpfer}}} \quad (4)$$

sich dem Wert 1, also dem Bereich der Resonanz, nähert.

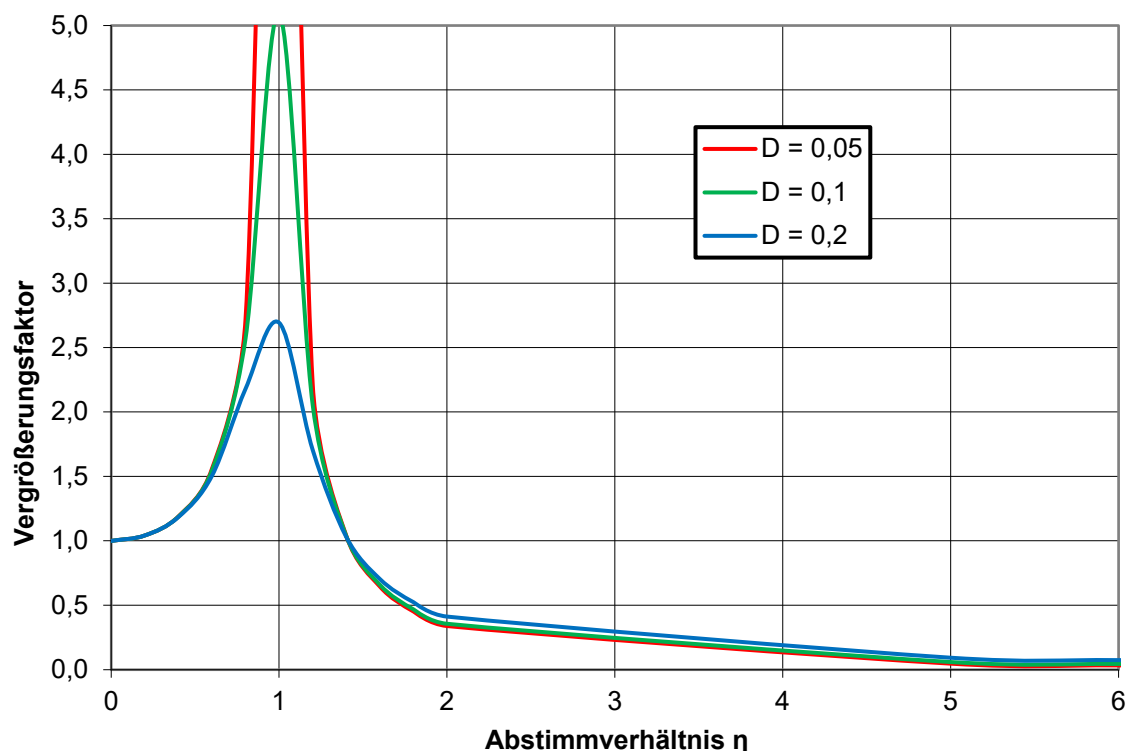


Abbildung 3: Vergrößerungsfunktion

Bei der Auslegung der richtigen Lagerung wird für  $\eta$  oftmals ein Wert zwischen 3 und 5 angestrebt. Bei  $\eta < 3$  ist es so, dass der Isoliergrad eines Systems sehr stark abnimmt, während bei Werten  $\eta > 5$  oftmals wenig Wirkung bei hohem finanziellem Aufwand erzielt wird.

Während dies in Abbildung 3 unter Auftragung der Vergrößerungsfunktion nicht so gut ersichtlich ist, untermauert Abbildung 4 unter Berücksichtigung des Isoliergrads

$$I = \left( 1 - \sqrt{\frac{1 + (2 * D * \eta)^2}{(1 - \eta^2)^2 + (2 * D * \eta)^2}} \right) * 100\% \quad (5)$$

mit  $D$  = Lehr'sches Dämpfungsmaß

dies. Der Isoliergrad eines Systems kann hierbei als eine Art Wirkungsgrad der vorhandenen Lagerung verstanden werden.

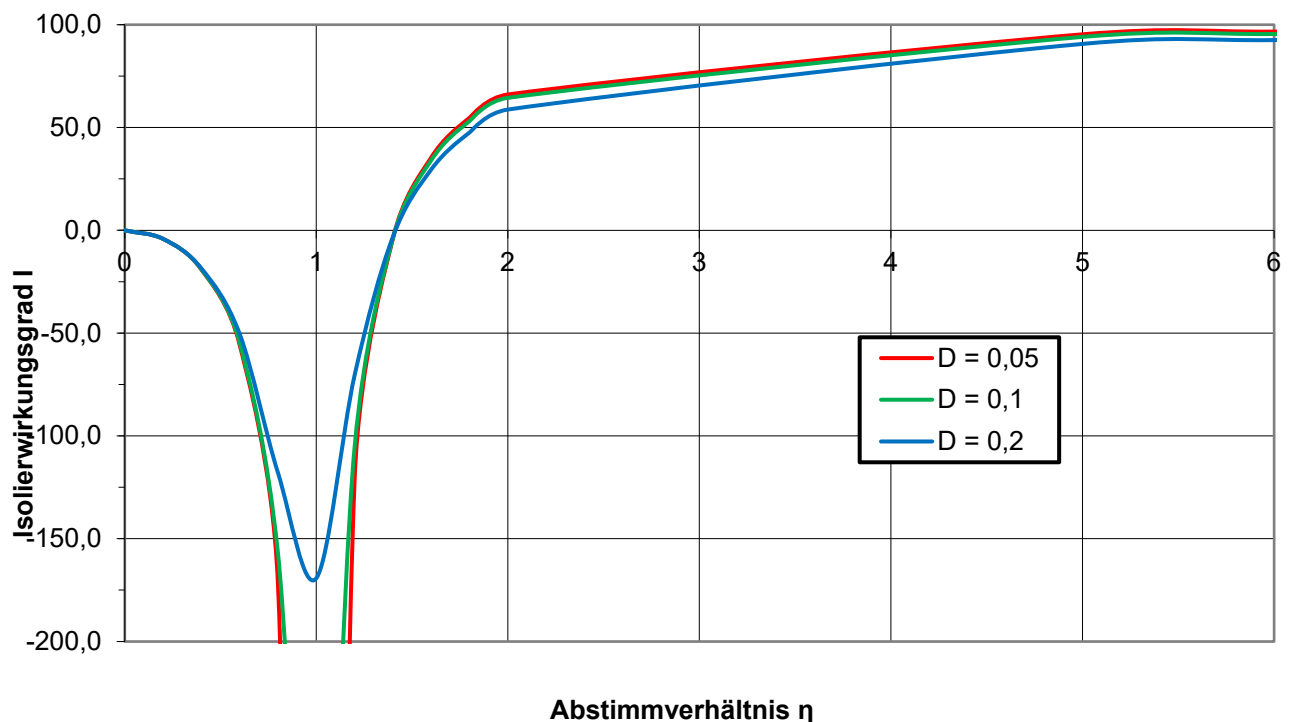


Abbildung 4: Isolierwirkungsgrad I eines Systems

In den Abbildungen 3 und 4 ist zusätzlich zu erkennen, dass  $\eta$  größer sein muss als 1,44.

## Sonstige Einflüsse

### Konstruktionsraum und weitere Anbindungen

In bereits bestehenden Bauten ist es oftmals der Fall, dass der Konstruktionsraum durch weitere Applikationen oder durch Anbauten an den Maschinen eingeschränkt ist. In diesem Falle ist es von Nöten, diese Einschränkungen mitzuteilen. So kann die Größe der Schwingungsdämpfer angepasst werden.

Dies gilt ebenfalls bei einem Austausch, wenn dieser nicht mit dem identischen Schwingungsdämpfer stattfindet. Durch unterschiedliche Bauhöhen und Einfederungen kann es im schlimmsten Falle zu Spannungen und somit zu Spannungsrissen im Betrieb kommen.

### Äußere Einflüsse

Für die Alterung eines Schwingungsdämpfers spielt es eine Rolle, wo er verwendet wird. Im Außenbereich ist zusätzlich der genaue Aufstellungsort wichtig, da es einen großen Unterschied macht, ob ein Dämpfungssystem beispielweise im maritimen Umfeld eingesetzt wird oder großer UV-Strahlung ausgesetzt ist. Neben den Effekten auf die Alterung können Einflüsse wie Wind zusätzliche Lasten verursachen.

Im Innenraum können hohe Temperaturen die Funktion einschränken. Eine Beeinträchtigung der Funktion kann zudem durch ein „zusetzen“ der Drahtzwischenräume mit Stäuben eintreten.

Diese Faktoren spielen für die reine Auslegung des Dämpfungssystems primär keine Rolle. Nichtsdestotrotz sollte man diese direkt kommunizieren, um mögliche Eventualitäten von Anfang an auszuschließen und einer Alterung oder Überlastung durch vorherrschende Dynamiken vorzubeugen.



## Beispiele

An dieser Stelle wollen wir Ihnen zwei Beispiele geben, wie Sie eine Lagerung berechnen und so schon einmal eine Vorauswahl der Elemente treffen können. Diese vorgestellten Prinzipien können Sie für eine Vorauswahl auf viele Problemstellungen adaptieren und sind so in der Lage, erste Ergebnisse in Richtung optimaler Maschinenlagerung zu finden.

Nichtsdestotrotz sollten Sie auf jeden Fall Rücksprache mit den entsprechenden technischen Ansprechpartnern halten.

### Quellisoliation einer Pumpe mittels Federisolatoren

Bei einer Quellisoliation sind die unter dem Punkt „Einflüsse auf eine erfolgreiche Lagerung“ erläuterten Maschinenparameter zu beachten. Im Falle einer Kreiselpumpe sind dies:

- Dreh-/Hubzahl
- Gewicht von Pumpe und Fundament
- Anzahl der Auflagerpunkte.
- Schwerpunktlage der Baugruppe „Pumpe+Fundament“

In diesem Beispiel gehen wir für diese drei Komponenten von folgenden Bedingungen aus:

- Drehzahl der Pumpe: 2940 Upm
- Gewicht der Pumpe: 500 kg
- Gewicht des Fundaments: 1000 kg
- Auflagerpunkte: 4; Schwerpunkt zentral

Mittels dieser Angaben lässt sich über Gleichung 1 eine Last pro Dämpfer von

$$F_{\text{Dämpfer}} = \frac{m_{\text{Maschine+Fundament}} * 9,81 \frac{m}{s^2}}{n_{\text{Auflager}}} = \frac{(500 + 1.000) \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}}{4} = 3.678,75 \text{ N}$$

berechnen.

Mit Hilfe von Gleichung 4 und der Vorgabe  $3 < \eta < 5$  ergibt sich die Eigenfrequenz des Federisolators zu

$$f_{\text{isolator}} \leq 9,8 \text{ Hz}$$

weswegen aus der Produktpalette für alle vier Auflagerpunkte der Federisolator FR-E-79-400-A (siehe Produktlinks und Anhang) ausgewählt wird.

### *Empfängerdämpfung eines Wärmetauschers mittels Druck-Zug Elementen*

Nachdem im vorigen Beispiel die aktive Komponente besprochen wurde, soll an dieser Stelle die Empfängerdämpfung dargestellt werden.

Diese Form der Lagerung bezieht sich nicht auf die vorhandenen Frequenzen im System, sondern dient dazu, die Komponenten vor äußeren Einflüssen zu schützen. Sie kommt unter anderem bei Anwendungen wie Schalldämpfern, Katalysatoren oder Wärmetauschern zum Einsatz.

Die Lagerung eines solchen Wärmetauschers soll nun einmal exemplarisch gezeigt werden. Entgegen der Quellisolation sind in diesem Falle lediglich die folgenden Parameter zu beachten:

- Gewicht des Wärmetauschers (--> hier 2.500 kg)
- Anzahl der Auflagerpunkte (--> 4 Auflagerpunkte; Schwerpunkt unbekannt)

Da auch hier als erster Parameter zur Auslegung das Auflagergewicht eines Dämpfers von Nöten ist, ergibt sich dieses aus Gleichung 1 zu:

$$F_{Dämpfer} = \frac{m_{Wärmetauscher} * 9,81 \text{ m/s}^2}{n_{Auflager}} = \frac{2.500 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2}{4} = 6.131,25 \text{ N}$$

Weil der Schwerpunkt der Applikation nicht bekannt ist, ein großer Schiefstand vermieden werden soll und es an dieser Stelle durchaus zu höheren Temperaturbelastungen kommen kann, wählen wir Dämpfer der Reihe GDZ.

Mit einer statischen Maximalbelastung von 6.131 N pro Dämpfer ist eine Lagerung mittels des Druck-Zug Elements GDZ-900-1 (siehe Produktlinks und Anhang) die optimale Lösung.

## Produktlinks

Druck-Zug-Elemente ( <https://www.rgplus.de/produkte/druck-/zugelemente> ) als:

- Schwingungsdämpfer für Schalldämpfer
- Schwingungsdämpfer für Wärmetauscher
- Schwingungsdämpfer für Katalysatoren und Mischstrecken
- Schwingungsdämpfer für Rohrleitungen
- Schwingungsdämpfer für Motor- und Generatoreinheiten (instationär)

Abspannelemente ( <https://www.rgplus.de/produkte/rohraufhaengung> ) als:

- Schwingungsdämpfer für Rohrleitungen
- Schwingungsdämpfer für Deckenabhängungen

Federisolatoren ( <https://www.rgplus.de/produkte/federisolatoren> ) als:

- Schwingungsdämpfer für Pressen
- Schwingungsdämpfer für Motor- und Generatoreinheiten (stationär)
- Schwingungsdämpfer für Pumpen / Verdichter
- Schwingungsdämpfer für Ventilatoren

## Kontakt

Wir hoffen, dass Ihre ersten Fragen mit diesen Zeilen bereits beantwortet wurden und freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.

**RG+ Schwingungstechnik GmbH**

[www.rgplus.de](http://www.rgplus.de)

Steiger-Stein-Str. 3

D-44805 Bochum

Tel.: 0234 516208 0

Fax.: 0234 516208 29

[info@rgplus.de](mailto:info@rgplus.de)

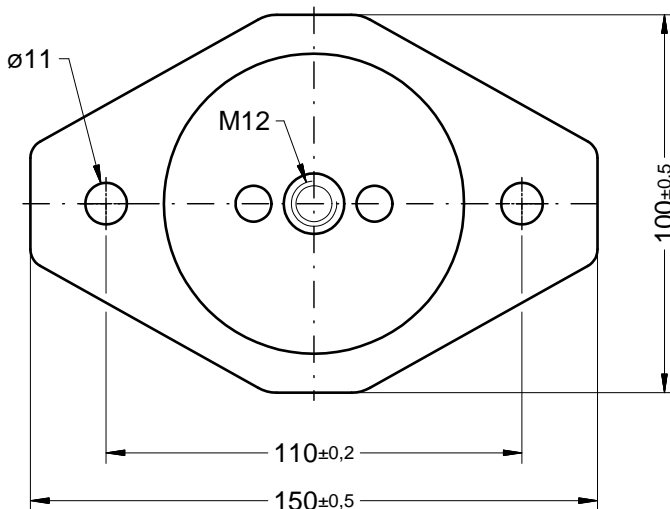
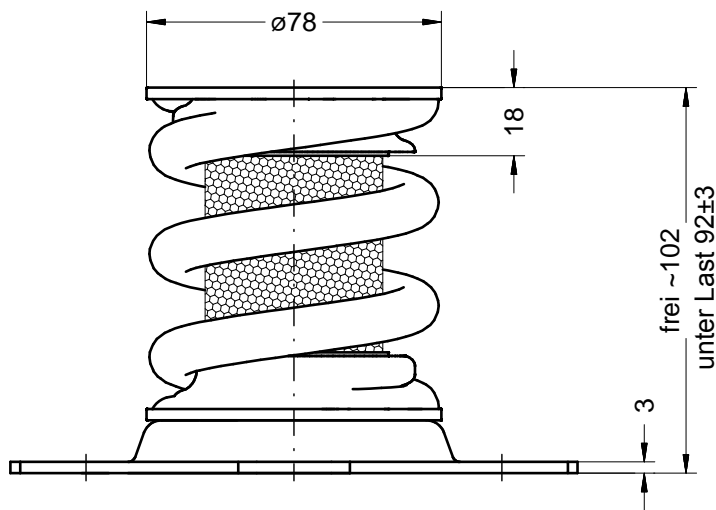
Bochum, 21. Juli 2022

# Federisolator FR-E-79-( )-A



## Anwendungsbereich

- Elastische Lagerung von rotierenden Maschinen mit Drehzahlen  $> 800 \text{ min}^{-1}$
- z.B. Ventilatoren, Motoren, Gebläse, Pumpen, Klimageräte, Prüfstände, Kompressoren



## Beschreibung

- Bodenbefestigung aus Stahlblech, verz.
- Feder aus Federstahldraht, lackiert
- Dämpfungskissen aus CrNi-Stahldraht
- Befestigungsrondele aus AL-Legierung
- Resonanzfrequenz, vertikal: 7 - 9 Hz
- Masse: 1,1 - 1,7 kg je nach Typ
- elastische Grenzbelastung:  
4,0 g vertikal      0,5 g horizontal

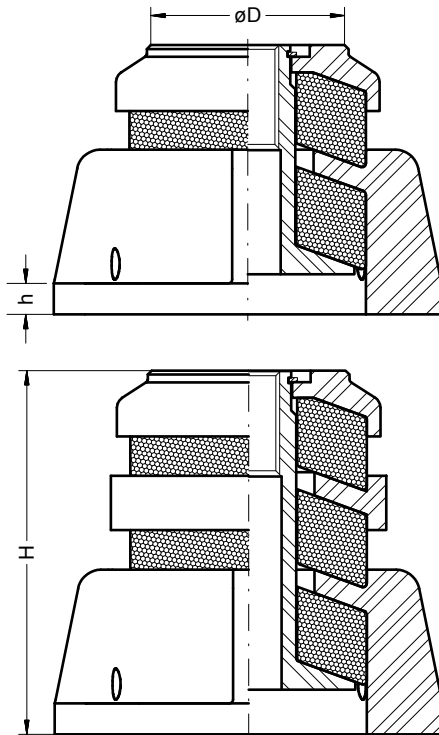
Typ	Lastbereich
FR-E-79- 90-A	40 - 90 daN
FR-E-79-130-A	60 - 130 daN
FR-E-79-190-A	110 - 190 daN
FR-E-79-270-A	170 - 270 daN
FR-E-79-400-A	250 - 400 daN
FR-E-79-550-A	350 - 550 daN

# all-metal-Dämpfer GDZ-( )-1



## Anwendungsbereich

- Elastische Lagerung von Motoren, Pumpen, Generatoren, Abgasrohrleitungen



Standard



Ausführung "D"

## Beschreibung

- Deckel, Achse, Kissenstuhl aus Stahl, KTL beschichtet
- Gehäuse aus Stahlguss, KTL beschichtet
- Sicherungsring DIN 471
- Dämpfungskissen aus CrNi-Stahl Draht
- Hohe statische und dynamische Lastaufnahme
- Kompakte Ausführung
- Lange Lebensdauer
- Wartungsfrei

Typ	Abmaße [ mm ]							Lastbereich [ daN ] Druck - Zug		Frequenz [ Hz ]	Gewichte [ kg ]
	A	B	$\varnothing D$	$\varnothing d$	H	h	M	statisch	dynamisch		
GDZ- 60-1	80	64	35	8,2	50	6	M12	5 - 60	200	15 - 20	0,7
GDZ-250-1					75			50 - 250	500		
GDZ-T- 60-1					8	5 - 60		200	8 - 10	0,8	
GDZ-T-250-1						50 - 250		500			
GDZ- 900-1	100	70	52	12,5	70	8	M16	50 - 900	3500	15 - 20	1,4
GDZ-D-900-1					94					11 - 15	1,7
GDZ- 1500-1					84					15 - 20	3,1
GDZ-D-1500-1	130	100	58	109	10		250 - 1500			11 - 15	3,7