



- o PUROPLAN Polyurethan-Werkstoffe  
Gummigranulatplatten und -bahnen
- o Gummi-Metall-Verbindungen, Isolatoren,  
Luftfedern, Maschinenfüße
- o Stahlfederschwingungsdämpfer und -hänger
- o Schwingungstechnische Maschinengründungen  
Körperschallmessungen und Berechnungen



In der Praxis sind Abstimmungsverhältnisse von 3 bis 5 anzustreben. Unterhalb von 3 würde die Isolationswirkung, aufgrund der Resonanznähe, schon bei geringen Drehzahlschwankungen stark beeinflusst. Oberhalb des Wertes 5 würde eine nur geringfügige Verbesserung der Isolationswirkung durch einen aus wirtschaftlicher Sicht nicht vertretbaren Mehraufwand an Material erreicht. Bei der Abstimmung oberhalb der Resonanz spricht der Bautechniker oft von einer tiefen Abstimmung, während der Maschinenbauer in diesem Fall von einer überkritischen Lagerung spricht. Bei der Abstimmung unterhalb der Resonanz spricht der Bautechniker von einer hohen Abstimmung und der Maschinenbauer von einer unkritischen Lagerung.

## Der Isolierwirkungsgrad

Der Wirkungsgrad einer Isolierung wird auch als Isolierfaktor bezeichnet. Dieser Isolierfaktor K lässt sich über das Abstimmungsverhältnis mittels der in der Formelsammlung stehenden Formel berechnen. Der Isolierfaktor K gibt sozusagen den Übertragungsfaktor als Prozentwert der Verminderung von dynamischen Erregerkräften wieder. Für die in der Praxis sinnvollen Abstimmungsverhältnisse 3 bis 5 ergeben sich so K-Werte von 87,5% bis 95,8%.

## Die Eigenfrequenz

Wie oben bereits erwähnt, ergibt sich die Eigenfrequenz aus der Steifigkeit der Isolatoren und der Masse eines gelagerten Systems. Bei der Verwendung von Federn mit linearer Kennlinie kann die Eigenfrequenz nach der unten angegebenen einfachen Formel berechnet werden. Die Formel ist für die Elemente mit nicht linearer Kennlinie, z.B. Gummiisolatoren, nur annäherungsweise gültig. Weiterhin ist zu beachten, dass die Beziehung nicht dimensionsecht ist und die einzelnen Größen in der genannten Dimension eingegeben werden müssen. Sie können Eigenfrequenzwerte auch der hier eingefügten Tabelle entnehmen.

Eigenfrequenztafel nach Formel $Ef = 5/\sqrt{\text{Einsenkung in cm}}$															
Eins. (mm)	Ef (Hz)	Eins. (mm)	Ef (Hz)	Eins. (mm)	Ef (Hz)	Eins. (mm)	Ef (Hz)	Eins. (mm)	Ef (Hz)	Eins. (mm)	Ef (Hz)	Eins. (mm)	Ef (Hz)	Eins. (mm)	Ef (Hz)
0,01	158	0,25	32	0,55	21	1,1	15	3,0	9	9,0	5,3	20	3,5	50	2,23
0,03	91	0,30	29	0,60	20	1,3	14	4,0	8	10,0	5	25	3,2	60	2,04
0,05	71	0,35	27	0,65	19	1,5	13	5,0	7	12,0	4,6	30	2,88	70	1,88
0,10	50	0,40	25	0,75	18	1,7	12	6,0	6,5	14,0	4,2	35	2,67	80	1,76
0,15	41	0,45	23	0,85	17	2,0	11	7,0	6	16,0	4	40	2,50	90	1,66
0,20	35	0,50	22	1,0	16	2,5	10	8,0	5,5	18,0	3,7	45	2,35	100	1,58

## Die Körperschalldämmung

Bei den Berechnungen für die Schwingungsisolierung kann das Fundament unter den Isolierelementen als sehr steif angenommen werden. Dies ist erfahrungsgemäß zulässig, weil die Schwingamplituden des Aufstellungsortes im Verhältnis sehr klein sind. Diese Annahme ist bei Betrachtungen in Verbindung mit Körperschall nicht mehr erfüllt. Bei Körperschallberechnungen sind die dynamischen Kenngrößen des Fundaments, ebenso wie die der Isolatoren, in die Gleichung mit einzubeziehen. Die Bestimmungsgrößen und das Verhalten der beteiligten Einzelsysteme kann hier nur durch ihre komplexen Größen beschrieben werden. In der Praxis hat sich zur Angabe der Körperschallpegeldifferenz das Körperschalldämmmaß DK durchgesetzt. Dies beruht zum großen Teil auf den messtechnisch am einfachsten zu erfassenden Werten. Das Körperschalldämmmaß lässt sich anhand der im Anhang stehenden Formel nach VDI 2081-78 berechnen.

- o PUROPLAN Polyurethan-Werkstoffe  
Gummigranulatplatten und -bahnen
- o Gummi-Metall-Verbindungen, Isolatoren,  
Luftfedern, Maschinenfüße
- o Stahlfederschwingungsdämpfer und -hänger
- o Schwingungstechnische Maschinengründungen  
Körperschallmessungen und Berechnungen



## Elemente zur Schwingungsisolierung

**Elastomere** sind wegen ihrer hohen elastischen Verformbarkeit und ihres kleinen Elastizitätsmoduls geeignete Federmaterialien. Im Vergleich zu Metallfedern besitzen sie eine größere Materialdämpfung. Die Federkennlinie ist im Allgemeinen nichtlinear, kann aber für die Praxis bei Betriebsbelastung linearisiert werden. Steifigkeit und Dämpfung hängen vom Grundwerkstoff und den Komponenten der Beimischung ebenso wie von der Formgebung ab. Auch die Umgebungstemperatur hat einen Einfluss auf die Kennwerte. Die dynamische Steifigkeit ist üblicherweise größer als die statische Steifigkeit. Mit Elastomerfedern werden üblicherweise Eigenfrequenzen zwischen 6Hz und 20Hz in vertikaler Richtung erreicht. Platten und Matten aus Gummi oder Polyurethan zum Unterlegen von Rahmen und Fundamenten gehören auch zur Gruppe der Elastomerfedern.

**Metallfedern** sind unempfindlich gegenüber höheren Temperaturen und widerstehen den meisten organischen Substanzen und Lösungsmitteln. Zur Schwingungsisolierung werden Metallfedern aus Federstahl-drähten mit rundem oder eckigem Querschnitt hergestellt. Die dynamische und die statische Steifigkeit unterscheiden sich bei Stahlfedern kaum. Sie besitzen keine Materialdämpfung, und Körperschall wird ohne zusätzliche Maßnahmen leichter übertragen als bei der Gruppe der Elastomerfedern. Mit Metallfedern können üblicherweise Eigenfrequenzen zwischen 1,5Hz und 7Hz in vertikaler Richtung erreicht werden.

**Luftfedern** besitzen einen von Gas gefüllten Raum mit elastischen Seitenwänden. Bei einer Belastungsänderung verändert sich das eingeschlossene Volumen und eine Druckänderung tritt ein. Die Federkennlinie von Luftfedern sind in den meisten Fällen nichtlinear. Die Übertragung von Körperschall wird durch sie genauso gut verhindert wie bei den Elastomerfedern. Die erreichbaren Eigenfrequenzen liegen in dem Bereich von Stahlfedern.

## Die Auswahl

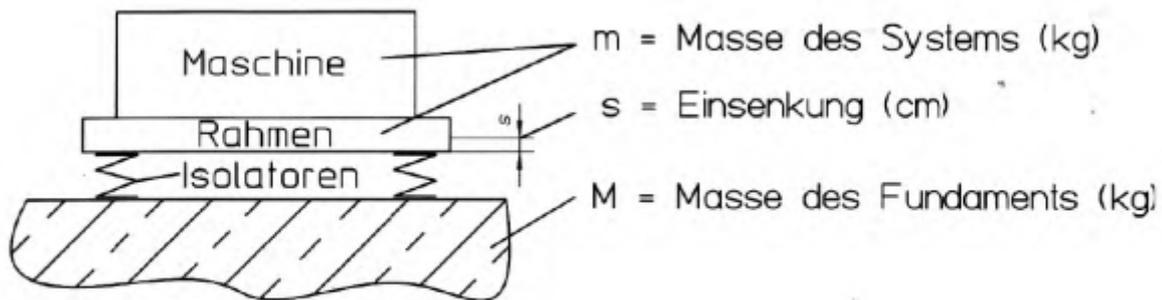
Bei der Auswahl einer geeigneten Schwingungsisolierung müssen die Einbaubedingungen und die Umwelteinflüsse am Einsatzort berücksichtigt werden. Aus isolationstechnischer Sicht orientiert sich die Wahl in erster Linie an der auftretenden Belastung und der erforderlichen Eigenfrequenz des zu lagernden Systems. Eventuell ist noch eine Dämpfung erforderlich, um eine Resonanzkatastrophe zu verhindern. Hierbei sei noch erwähnt, dass prinzipiell durch Dämpfung eine Isolierung im Wirkungsgrad verschlechtert wird. Die erforderliche Eigenfrequenz ergibt sich aus der Zielvorgabe des Isolierfaktors oder des erforderlichen Dämmmaßes. Bei der Erregung sollte die für das System niedrigste Erregerfrequenz zur Berechnung herangezogen werden. Für die Aufstellung bzw. Montage ist zu beachten, dass die Isolationselemente ihrer zulässigen Belastung nach gleichmäßig belastet werden. Bei unsymmetrischem Schwerpunkt und flächigem Isolationsmaterial kann dies z.B. durch teilflächige Auslegung oder durch Verwendung von Material unterschiedlicher Belastungsgrade erreicht werden.

## Unser Service

Bei der Auswahl der richtigen Schwingungsisolierung sind wir Ihnen gerne behilflich. Unser Service erstreckt sich über die Beratung, das Erstellen von Montageanweisungen und das Anfertigen von Montage- und Verlegeplänen. Das Spezialwissen unserer Fachberater und Partner aus Praxis und Entwicklung ermöglicht uns, Ihnen jederzeit maßgeschneiderte Lösungen anzubieten.

- o PUROPLAN Polyurethan-Werkstoffe  
Gummigranulatplatten und -bahnen
- o Gummi-Metall-Verbindungen, Isolatoren,  
Luftfedern, Maschinenfüße
- o Stahlfederschwingungsdämpfer und -hänger
- o Schwingungstechnische Maschinengründungen  
Körperschallmessungen und Berechnungen

## Formelsammlung für die Berechnung von $K$ , $D_K$ , $E_{rf}$ , $E_f$



$E_{rf}$  = Erregerfrequenz (Hz)

$E_f$  = Eigenfrequenz (Hz)

$n$  = Drehzahl ( $\text{min}^{-1}$ )

$E_{dyn}$  = dynamischer Elastizitätsmodul ( $\text{daN/cm}^2$ )

$d$  = Dicke der federnden Schicht (cm)

$s'$  = dynamische Steifigkeit ( $\text{daN/cm}^3$ )

$m'$  = Flächenpressung ( $\text{daN/m}^2$ )

$D_K$  = Körperschalldämmmaß (dB)

$K$  = Isolierfaktor (%)

$$E_{rf} = \frac{n}{60} \quad E_f = 500 \sqrt{\frac{E_{dyn}}{d \times m'}} = 500 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \approx \frac{5}{\sqrt{s}}$$

$$K = \frac{\left(\frac{E_{rf}}{E_f}\right)^2 - 2}{\left(\frac{E_{rf}}{E_f}\right)^2 - 1} \times 100$$

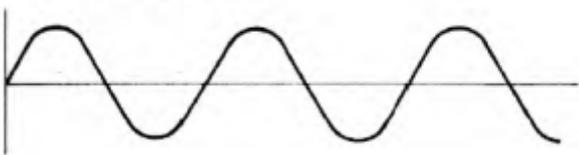
$$D_K = 20 \lg \left[ \left(\frac{E_{rf}}{E_f}\right)^2 - 1 - \frac{m}{M} \right]$$

- o PUROPLAN Polyurethan-Werkstoffe  
Gummigranulatplatten und -bahnen
- o Gummi-Metall-Verbindungen, Isolatoren,  
Luftfedern, Maschinenfüße
- o Stahlfederschwingungsdämpfer und -hänger
- o Schwingungstechnische Maschinengründungen  
Körperschallmessungen und Berechnungen

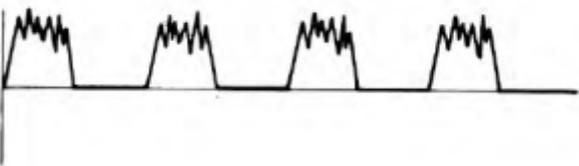
## Anwendungsgebiete für unser Lieferprogramm zur optimalen Schwingungsisolierung und Körperschalldämmung

Produkte aus Polyurethan belastbar bis 60.000 kg/m<sup>2</sup>, Gummi, Gummi-Metall-Elemente, Stahlfederisolatoren, Blockelemente und Luft-Gummi-Isolatoren inklusive Auslegung, Platzierung und Berechnung.

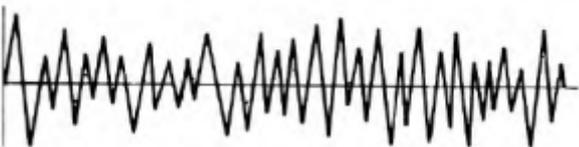
### Schwingungen



### Stöße



### Erschütterung



### Einsatzmöglichkeiten:

- unter Technikzentralen komplett oder teilflächig,
- unter Maschinenfundamenten für Aufzugs-, Pumpen-, Notstrom-, Kälte-, Lüftungs-, Klima- und sonstigen mechanisch arbeitenden Aggregaten
- unter hochbelasteten Lager-, Betriebs- und sonstigen Fußböden zur Trittschall- und Körperschallisolierung,
- unter Feuchträumen, z.B. Großküchen, Bäder, Toiletten, Schwimmbädern und sonstigen Nasszellen
- unter Hubschrauberlandeplätzen auf Krankenhausdächern
- unter Gebäuden als vollflächige Dämpfungsschicht,
- in Dehn- und Bewegungsfugen als kompressibles Material,
- Gummi-Metall Verbindungen und Stahlfederisolatoren können direkt unter Maschinen und sonstigen schwingungsaktiven Aggregaten eingesetzt werden.

### Beispiel für eine doppelelastische Lagerung:

