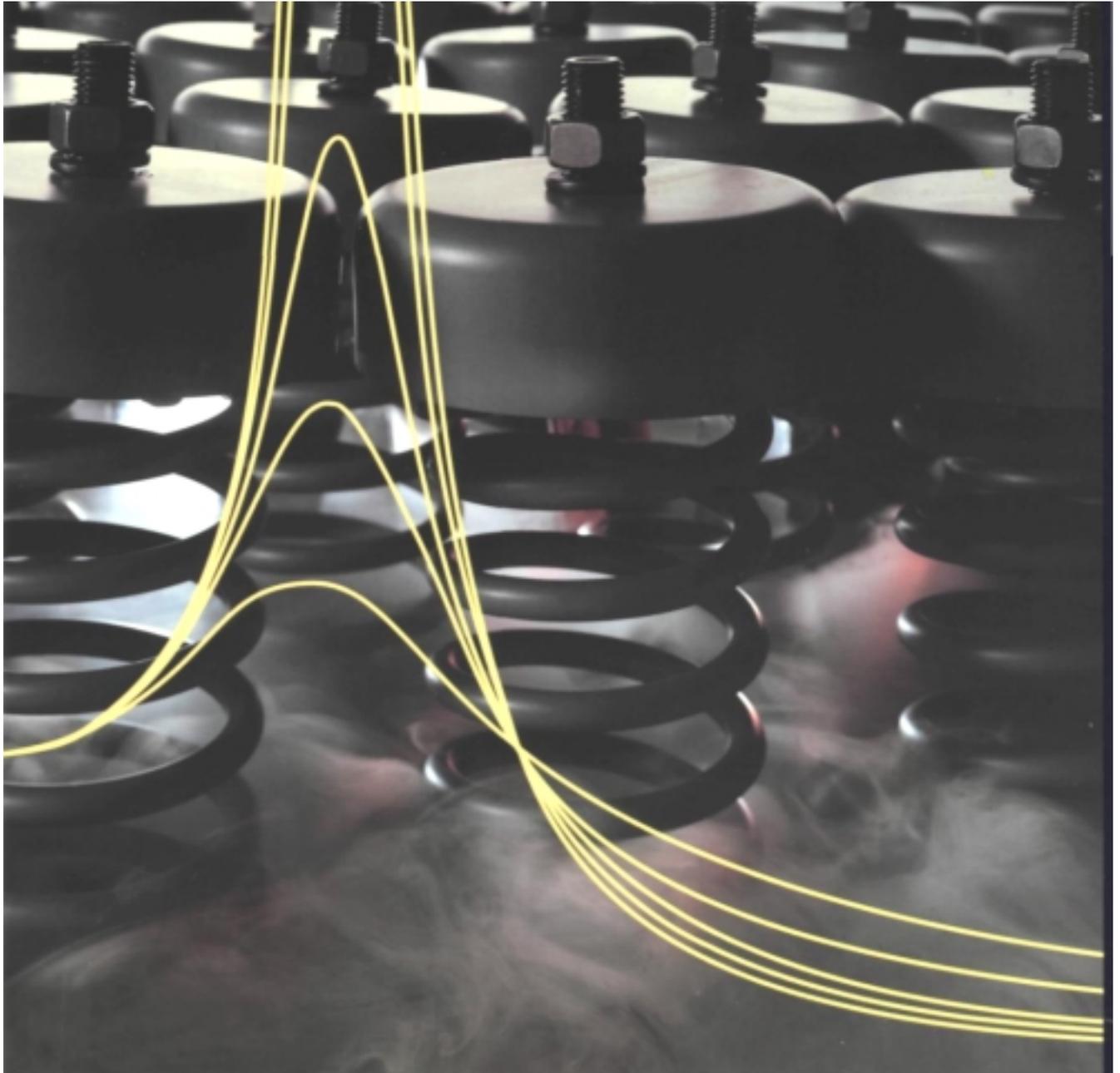


## Schwingungstechnik und Körperschalldämmung

---

### Grundlagen und Auslegung von einfachen elastischen Lagerungen



## Schwingungsisolierung Körperschalldämmung

## Auslegung von elastischen Lagerungen

### Grundlagen

Durch Wechselkräfte erzeugte mechanische Schwingungen werden in Bauteilen weitergeleitet. Liegen die Frequenzen der Schwingungen im hörbaren Bereich spricht man von Körperschall, der als störender Luftschall abgestrahlt wird. Aufgabe der Schwingungsisolierung ist es, die Übertragung der mechanischen Schwingungen und Wechselkräfte durch Einbau von federnden und gegebenenfalls auch dämpfenden Bauteilen - den Isolatoren – zu verringern.

Eine vollständige Isolierung lässt sich nicht erreichen, da wegen der stets vorhandenen statischen oder quasistatischen Kräfte und Momente (Gewicht, Bedienungs- und Anschlusskräfte) eine völlige mechanische Trennung des Objektes von seiner Umgebung nicht möglich ist. Die Schwierigkeit besteht darin, einen geeigneten Kompromiss zwischen Isolierwirkung und Standsicherheit zu finden.

### Lineare und nichtlineare Isolierelemente:

- **Lineare Isolierelemente** - also lineare Federn und geschwindigkeitsproportionale Isolatoren - haben die Vorteile der einfachen Berechnung und Kennzeichnung; ihre Kennwerte sind unabhängig von Vorlasten und die Isolierwirkung ist unabhängig von Vorspannungen.

- **Nichtlineare Elemente** (z.B. Anschlagpuffer, Fahrzeugstoßdämpfer, Reibungsdämpfer, progressive und degressive Federn, Luftfedern und Servoeinrichtungen) bedürfen einer genauen Anpassung an die gegebenen Betriebsverhältnisse. Ihre Vorteile gegenüber den linearen Elementen sind meist nur auf einen engen Betriebs- und Belastungsbereich begrenzt.

Nähere Einzelheiten über Schwingungen und Körperschalldämmungen sind in einschlägigen Normen, in der Fachliteratur usw. zu finden.

### Minderung der Körperschallübertragung

Der Luftschall, der durch Körperschallübertragung und Abstrahlung am Immissionspunkt entsteht, lässt sich durch verschiedene Massnahmen reduzieren:

- a) Körperschalldämmung durch schwingungs isolierte Maschinenaufstellung,
- b) grosse resonanzfreie Fundamentmasse,
- c) Dämpfung d.h. Umwandlung des Körperschalls in Wärme,
- d) Vergrösserung der Entfernung zwischen Anregungsstelle und Immissionspunkt.
- e) Vorsatzschale im zu schützenden Raum.

Wenn es auf die Körperschalldämmung von Maschinen in Industriebetrieben ankommt, sind die unter Punkt a) und b) aufgeführten Massnahmen (schwingungs isolierte Maschinenaufstellung und grosse Fundamentmasse) die wichtigsten und wirksamsten Systeme. Hierdurch wird die in das Bauwerk eingeleitete Körperschallenergie gering gehalten.

Die Massnahme c) (Dämpfung) ist vor allem bei Schiffen, Flug- und Fahrzeugen von Bedeutung. Hier sollten die Wandkonstruktionen eine hohe innere Dämpfung aufweisen (Antidröhnbelag - Verbundblechkonstruktionen).

Die Massnahme d) (Entfernungsvergrößerung) sollte möglichst immer miteinbezogen werden, d.h. die Lage von aktiven Anlagen, Geräten und Maschinen sollte nicht in unmittelbarer Nähe schutzbedürftiger Räume gewählt werden. Bei einer Verdoppelung der Entfernung zwischen Anregungsstelle und Immissionspunkt (ausgehend von einer Entfernung vergleichbar mit der grössten Abmessung des Erregers) ist näherungsweise mit folgenden Minderungen der Körperschallpegel zu rechnen:

In einem Bauwerk 6 dB, entlang einer Decke 3 dB und entlang eines Balkens oder Rohres 0 dB.

Die Möglichkeit e) (Vorsatzschale) wird erforderlich, wenn die Massnahmen a) bis d) nicht ausreichen.

## Berechnung der Isolationswirkung

Durch eine schwingungsisolierte Maschinenaufstellung erhält man bei starrem Fundament im linearen Arbeitsbereich von Schwingungsisolatoren als Körperschalldämmmass:

$$D_k = 20 \cdot \log \left[ \left( \frac{f}{f_0} \right)^2 - 1 - \frac{m}{M} \right] \longrightarrow dB$$

aus    m    Masse der Maschine in kg  
      M    Masse des Fundamentes in kg  
      f    Erregerfrequenz

Die **Resonanzfrequenz**  $f_0$  eines linearen Feder-Masse-Systems ist durch die Beziehung

$$f_0 \approx \frac{5}{\sqrt{x}} \longrightarrow Hz$$

näherungsweise bestimmt, wobei x (in cm) die statische Einfederung der Feder durch die Belastung mit der Masse m (in kg) bedeutet. Für den **Frequenzbereich**  $f / f_0 > 2$  gilt die vereinfachte Beziehung

$$D_k = 40 \cdot \log \left[ \left( \frac{f}{f_0} \right) \right] \longrightarrow dB$$

Hieraus folgt, dass das **Körperschalldämmmaß pro Frequenzverdoppelung um 12 dB** zunimmt. Dies gilt aber nur, solange die Maschinen- und Fundamentmassen als biegesteif und damit im interessierenden Frequenzbereich als resonanzfrei angesehen werden können. Bei **dünnen, ebenen Platten wie Decken** und **schwimmenden Böden** kann dies nicht vorausgesetzt werden. Das **Körperschalldämmmass** steigt hier lediglich mit **6 dB pro Frequenzverdoppelung** an.

Bei der **Dimensionierung der Körperschalldämmung** ist von der **niedrigsten zu dämmenden Frequenz** auszugehen, die sich aus dem A-bewerteten Frequenzspektrum der Störquelle einerseits und der Abhängigkeit der Körperschalldämmung vom Abstimmungsverhältnis  $f / f_0$  andererseits ergibt. Die hiernach bestimmte Resonanzfrequenz  $f_0$  darf dabei nicht im Bereich der Frequenz der freien Massenkräfte (z.B. Drehzahlfrequenz) liegen. Die **Erregerfrequenz** und die **Resonanzfrequenz** müssen mindestens um den **Faktor 2 bis 3** voneinander entfernt sein.

Müssen auch die **freien Massenkräfte** gedämmt werden, so sollte die **Resonanzfrequenz um den Faktor 4 bis 5 unterhalb der tiefsten Erregerfrequenz** liegen, wenn eine **Dämmung von ca. 25 dB** erreicht werden soll.

**Anschlüsse von Maschinen** sollen grundsätzlich über **elastische Trennelemente** erfolgen. Beispielsweise müssen Ventilatoren an Kanäle, Gerätegehäuse und dergleichen über flexible Manschetten oder geeignete frequenzabgestimmte Kompensatoren angeschlossen werden, wenn eine Körperschalllängsleitung verhindert werden muss.

In der nachfolgenden Tabelle sind schalltechnische Angaben zum Einsatzbereich von verschiedenen Systemen von Isolatoren, zur maximalen Belastbarkeit und zur in etwa erreichbaren Resonanzfrequenz enthalten.

Für die **Auswahl geeigneter Isolationselemente** muss die **statische Einfederung** sowie die **maximale Belastbarkeit je Element** sowie die **niedrigste Erregerfrequenz des zu dämmenden Aggregats** bekannt sein.

Mittels diesen Angaben lassen sich das geeignete Element und das Körperschalldämmmass in einfachen Fällen näherungsweise bestimmen (im linearen Arbeitsbereich des Isolationselementes mit den Formeln auf Seite 2. In schwierigeren Fällen stehen Ihnen unsere Spezialisten zur Verfügung).

### Bauarten von Schwingungsisolationen und ihre Eigenschaften

| Bauform / Bauart                        | Einsatzbereich   | Max. Belastung              | Erreichbare Resonanzfrequenz $f_0$ |
|---|--|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>Stahlfederisolatoren</b>             | Erschütterungsisolation von Maschinen aller Art mit niedrigen Drehzahlen (ab 300 U/min), z.B. Kolbenpumpen, Kompressoren, Ventilatoren, Schmiedehämmer, Drehmaschinen usw. | bis 120 kN je Element       | 1,5 Hz - 5 Hz                      |
| <b>Gummi-Metallelemente</b>             | Erschütterungs- und Körperschallisolierung von Maschinen aller Art mit mittleren Drehzahlen (oberhalb 900 U/min), z.B. Rotationspumpen, Gebläse, Druckereimaschinen, usw.  | bis 200 kN je Element       | 6 Hz - 12 Hz                       |
| <b>Längsdämmbügel (Stahlfederbügel)</b> | Körperschallisolierung von Heizkesseln, Ventilatoren und Bauteilen (Raum- in- Raum-Konstruktionen usw.)  | 5 kN ... 30 kN / lfm        | 7 Hz - 10 Hz                       |
| <b>Gummi-Dämmplatten</b>                | Körperschallisolierung von Maschinen und Maschinenfundamenten mit mittleren Drehzahlen (oberhalb 1500 U/min), z.B. Notstromaggregate usw.                                  | bis 150 N / cm <sup>2</sup> | 12 Hz - 25 Hz                      |
| <b>Kork-Dämmplatten</b>                 | Körperschallisolierung von Maschinen und Maschinenfundamenten usw.   | bis 100 N / cm <sup>2</sup> | 20 Hz - 40 Hz                      |

(Umrechnung: 1 kp = 9.81 N)

### Hinweise

Die Angaben in dieser Schrift erfolgen nach bestem Wissen und technischen Kenntnissen. Vorbehalten bleiben Änderungen. Für weitere Fragen stehen Ihnen unsere Spezialisten gerne zur Verfügung.

Copyright© aa-ae-cf acoustic design

Lärmschutz Engineering  
Lärmschutz Anlagenbau  
Lärmschutz Produkte  
Elektro- & Audioakustik  
Strahlenschutz

Beratung  
Schallmessung  
Projektierung  
Konstruktion  
Produktion & Montage

aa-ae-cf acoustic design  
Adrian Oertle  
Pfaffenwiesenstrasse 6  
CH-8404 Winterthur  
Tel. +41 52 242 90 54

E-Mail: mail@aa-ae-cf.ch  
Internet: www.aa-ae-cf.ch  
Mobile +41 79 433 56 32  
Fax +41 52 242 90 48