

Maschinenschwingungen stören Isolieren hilft!

Maschinen erzeugen Schwingungen, die auf verschiedene Art störend sein können. Die Reduktion von Schwingungsemissionen (Abstrahlung) oder -immisionen (Einstrahlung) stellt heute immer wichtigere Anforderungen an den Maschinenbauer bzw. -betreiber. Gezielte Schwingungsbekämpfung ist daher ein Muss. Sie beginnt schon in der Planungsphase und bildet damit einen unabdingbaren Teil der Maschinenkonstruktion.

Lärm - Schallübertragung durch die Luft - gilt heute als Umweltverschmutzung. Deshalb wurden im Rahmen der Umweltschutzgesetzgebung Lärmschutzverordnungen erlassen. Darin werden unter anderem den verschiedenen Bauzonen entsprechend detaillierte Belastungsgrenzwerte bestimmt sowie auch die genauen Mess- und Berechnungsverfahren vorgeschrieben. Sehr viel weniger verbreitet sind dagegen die Kenntnisse von Störungen und Beeinträchtigungen durch Schwingungen in festen Körpern, dem Körperschall (in Böden, Bauwerken, Maschinengehäuse, etc).

Was sind Schwingungen?

Definitionsgemäss sind Schwingungen regelmässig wiederkehrende Bewegungen. In dieser allgemeinen Form sind demnach natürliche Bewegungen wie Erdrotation und Gezeitenbewegungen oder biologische Vorgänge wie Biorhythmus und Pulsschlag als Schwingungen zu bezeichnen. Schwingungen begegnen wir im Alltag beispielsweise auch bei jedem Saiteninstrument oder bei der Pendeluhr. Unbeliebter sind die Schwingungen, die durch Maschinen und Apparate verursacht werden.

Dieser kleine Querschnitt soll zeigen, wie vielfältig und auch wie unterschiedlich Schwingungen sein können. Wenn im Folgenden die einfachsten Grundbegriffe der Schwingungen erläutert werden, soll zuvor klargestellt werden, dass sich diese Theorie auf ideale Einmassenschwinger und auf die Herleitung der ungedämpften und der gedämpften harmonischen Schwingung bezieht. Dieser ideale Fall trifft allerdings in der alltäglichen Praxis von Schwingungsisolationsproblemen kaum oder nie auf.

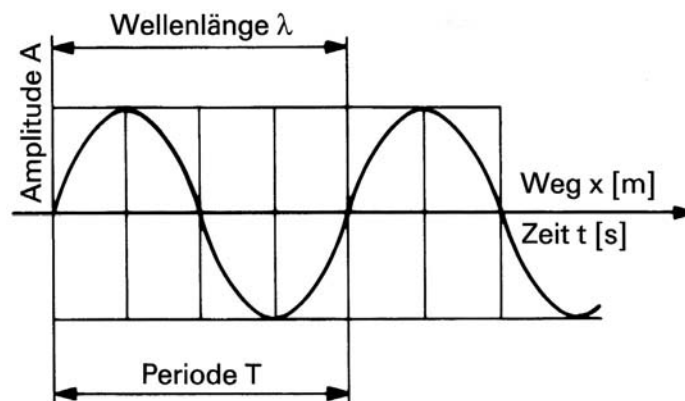


Bild 1: Harmonische Schwingung

Bild 1 zeigt eine harmonische, ungedämpfte Schwingung. Die wichtigsten Begriffe in der Schwingungstechnik sind Frequenz, Amplitude und Dämpfung; auch Eigenfrequenz und Resonanz gehören dazu.

Die **Frequenz f** ist ein Mass für die Anzahl Schwingungen pro Sekunde. Sie ist demnach der Reziprokwert der Schwingungsdauer oder Periode T. Die Frequenz f hat die Dimension 1/(Zeit). Sie wird also in der Einheit (s^{-1}) gemessen, wofür die Bezeichnung «Hertz» (Hz) üblich ist. Der Zusammenhang zwischen der zeitlichen Ausdehnung (Frequenz f) und der räumlichen Ausdehnung (Wellenlänge λ) ist gegeben durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit c:

$$c = f * \lambda$$

Diese ist abhängig vom Medium, in dem sich die Welle bewegt. Sie beträgt beispielsweise in Luft 330 m/s, in Wasser 1450 m/s, in Beton ungefähr 4000 m/s und in Stahl ca. 5100 m/s.

Hier wird auch die Bedeutung der Bezeichnung **Körperschall** klar. Es sind Schwingungen, die sich in einem festen Körper bewegen. Im Gegensatz dazu breiten sich Schallwellen in Luft aus. Beim Körperschall drückt der Wortteil «Schall» bereits aus, dass damit im Allgemeinen Schwingungen im hörbaren Frequenzbereich, also etwa zwischen 16 und 16 000 Hz, bezeichnet werden. Bei tiefen Frequenzen spricht man meist von mechanischen Schwingungen.

Die **Amplitude** ist der Schwingungsausschlag um die Ruhelage. Sie bestimmt die «Schwingstärke». Amplitude und Frequenz haben insoweit keinen Zusammenhang, da bei jeder beliebigen Frequenz die Amplitude gross oder klein sein kann. Beispielsweise ist bei einem Pendel die Frequenz allein durch die Länge bestimmt. Sie bleibt also gleich gross, unabhängig davon ob der Ausschlag gross oder klein ist.

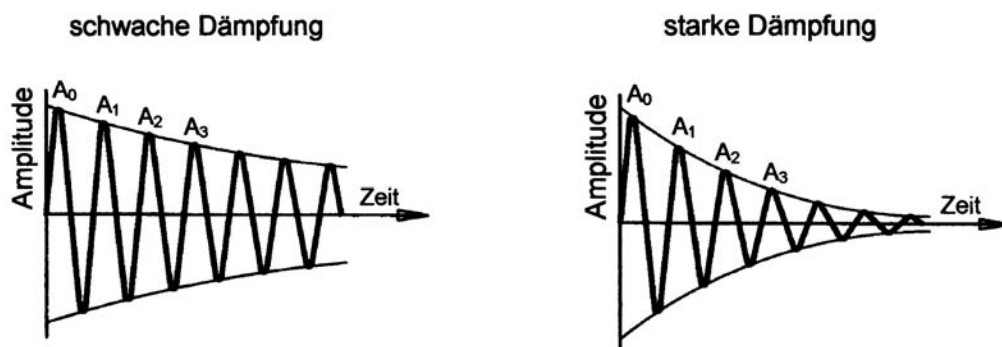


Bild 2: Dämpfung

Die **Dämpfung D** (Bild 2) bezeichnet das Mass der Amplitudenabnahme der Schwingung eines frei schwingenden Feder-Masse-Systems durch Reibung. Der logarithmische Verlauf dieser Abnahme wird in der Physik als logarithmisches Dekrement bezeichnet. Direkte Ableitungen von dem in der Praxis vermutlich am meisten gebrauchten Lehrschen Dämpfungsmass D sind der Verlustfaktor d, die Abklingkonstante δ , die Abklingzeit T und die Resonanzüberhöhung Q. Die Dämpfung beruht auf der Energieumwandlung in Wärme und bewirkt einerseits die genannte Amplitudenverringerng, andererseits verhindert sie eine sehr grosse Amplitudenzunahme im Resonanzfall.

Die **Eigenfrequenz** f_0 eines Körpers ist die Frequenz, mit welcher er ohne äussere Einwirkung frei um seine Gleichgewichtslage schwingt. (Hier sei angemerkt, dass jeder Körper sechs Bewegungsfreiheitsgrade hat - drei translatorische und drei rotatorische - und damit also theoretisch auch sechs Eigenfrequenzen). Jeder Körper, jede Struktur, jeder Boden, jedes Gebäude, einfach alles hat seine Eigenfrequenz, die aber nur in den einfachsten Fällen berechnet werden kann. Meistens kann sie jedoch relativ einfach mittels Schlag- oder Impulsanregung gemessen werden. Praktische Bedeutung kommt dieser Eigenfrequenz bei dynamischen Vorgängen immer dann zu, wenn diese nahe bei einer Erregerfrequenz f_E liegt oder gar mit dieser übereinstimmt. Dann herrscht **Resonanz**. In diesem Fall wächst die Amplitude, falls keine Dämpfung vorhanden ist, theoretisch zu unendlich grossen Werten an, was zur Zerstörung des Systems führen würde.

Schwingungsisolierung

Aus dem Bisherigen kann allgemein gefolgert werden, dass die Schwingungsisolierung eines dynamischen Systems darin besteht, dieses gegenüber der Umgebung durch einen Körper abzutrennen, der eine von der Systemerregerfrequenz wesentlich verschiedene Eigenfrequenz aufweist.

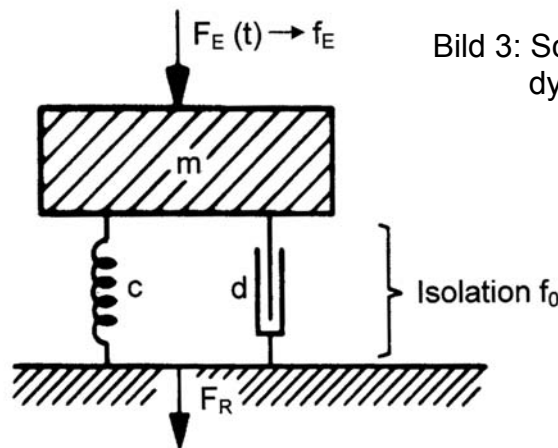


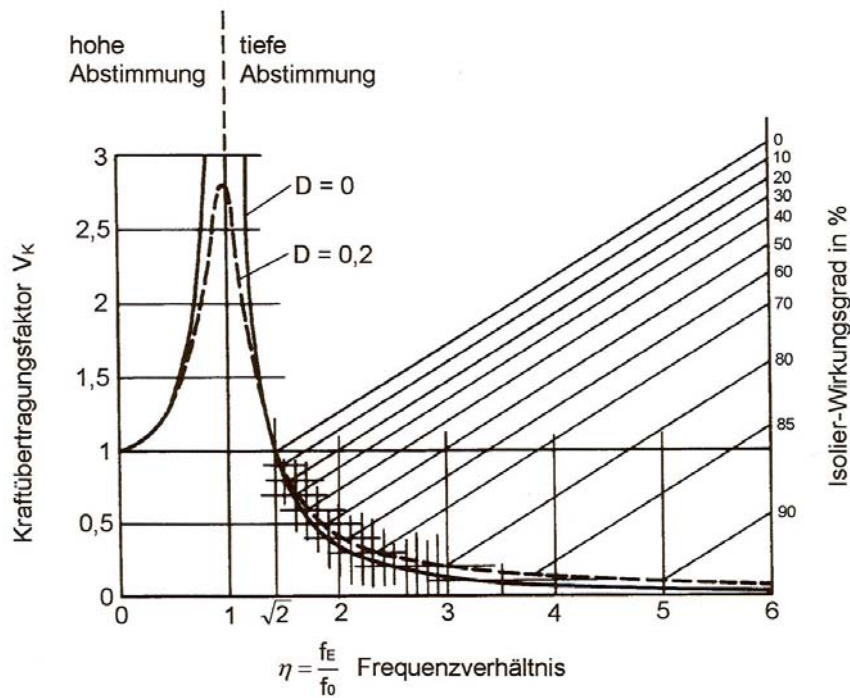
Bild 3: Schwingungsisolierung eines dynamischen Systems

m	=	Masse	}	f_0
c	=	Federkonstante		
d	=	Dämpfungskenngrösse		
f_0	=	Eigenfrequenz der Isolation	}	$\eta = \frac{f_E}{f_0}$ Frequenzverhältnis
f_E	=	Erregerfrequenz		
F_E	=	Erregerkraft	}	$V_K = \frac{F_R}{F_E}$ Kraftübertragungsfaktor
F_R	=	Restkraft		

In Bild 3 ist ein solches System mit Isolierung schematisch dargestellt. Praktisch interessiert natürlich die noch abgegebene Restkraft F_R beziehungsweise das Verhältnis dieser Restkraft zur ursprünglichen Erregerkraft. Dieses Verhältnis, Kraftübertragungsfaktor V_K genannt, ist in Bild 4 in Funktion des Frequenzverhältnisses

$$\eta = \frac{f_E}{f_0}$$

dargestellt.



$$V_K = \frac{F_R}{F_E} = \sqrt{\frac{1+(2D\eta)^2}{(1-\eta^2)^2+(2D\eta)^2}}$$

$$\text{Isolierwirkungsgrad } J = 1 - V_K$$

Bild 4: Kraftübertragungsfaktor in Funktion des Frequenzverhältnisses

Darin ist auch die Wirkung der Dämpfung angedeutet, indem mit $D = 0,2$ der Überhöhungsfaktor bei Resonanz ($\eta = 1$) auf einen endlichen Wert beschränkt wird. Ohne Dämpfung wächst dieser Faktor gegen unendlich, was zu extrem grossen zerstörerischen Schwingungsamplituden führt.

Wenn in der angeführten Gleichung für den Kraftübertragungsfaktor V_K die Dämpfung $D = 0$ gesetzt wird, vereinfacht sie sich wesentlich zu

$$V_K = \frac{1}{|1-\eta^2|}$$

Damit kann einfach das Verhältnis

$$\eta = \sqrt{2}$$

gefunden werden, für das V_K gerade 1 wird. Oberhalb dieses Wertes beginnt die Isolierung. Je grösser das Verhältnis von Erregerfrequenz zu Eigenfrequenz, desto besser wird der Isolierwirkungsgrad

$$J = 1 - V_K$$

Dabei ist gut ersichtlich, dass sich für

$$\eta > 3$$

der Aufwand zum Ergebnis immer mehr vergrössert, was in der Praxis meistens wirtschaftlich unverhältnismässig wird.

Diese Betrachtungsweise einer Schwingungsisolierung ist rein theoretisch und selbstverständlich physikalisch richtig. Sie wird in der Praxis bei der Verwendung von Stahlfedern als Isolationselemente auch sehr gut bestätigt, weil diese eine lineare Charakteristik und praktisch keine Dämpfung aufweisen. Bei der Verwendung von anderen elastischen Materialien, besonders bei Mehrstoffverbundmaterialien, wurde jedoch festgestellt, dass auch unterhalb des Resonanzbereichs von etwa $\eta = 0,5$ die Schwingungsbeschleunigungswerte etwas reduziert werden und somit eine Isolationswirkung vorhanden ist.

Im Zusammenhang mit dem nichtlinearen Verhalten der elastischen Isolationmaterialien sei auch darauf hingewiesen, dass bei diesen im Gegensatz zu den Stahlfedern die Eigenfrequenz nicht aus der statischen Einfederung hergeleitet werden kann. Die Eigenfrequenz in Funktion der spezifischen Belastung muss für diese Materialien in Labormessungen ermittelt werden. Die messbare Dickenabnahme der Platten wird zweckmässigerweise nicht mit Einfederung sondern mit Stauchung bezeichnet.

Schwingungsmessung und -beurteilung

In der Praxis kommen solche idealtheoretischen Systeme nicht vor und Eigenfrequenzen können nur höchst aufwendig berechnet werden. Ebenso unbekannt und kaum berechenbar sind jeweils die Frequenzen der Effektivstörungen. Sehr oft treten die Frequenzen einer Drehzahl nur mit untergeordneter Amplitude in Erscheinung. Vor allem am Maschinenfuss, wo Stellelemente mit Schwingungsisolation befestigt werden, sind meistens Frequenzbereiche vorherrschend, die weniger von der Maschinendynamik als von der Rahmenstatik bestimmt werden.

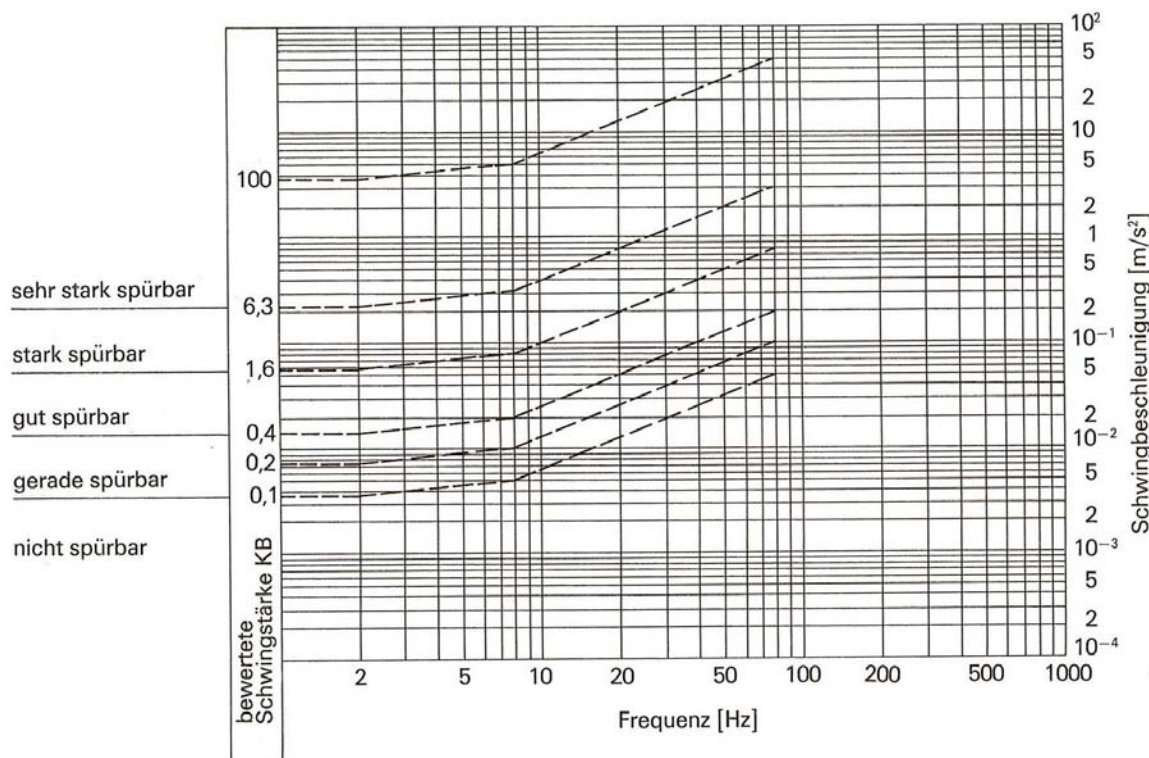


Bild 5: Messwerte und Beurteilung mechanischer Schwingungen

Aus diesen Gründen kommt der Schwingungsmessung eine grosse Bedeutung zu. Sowohl die Bodeneigenfrequenz - hauptsächlich wenn es sich um eine Gebäudedecke handelt - als auch die Störfrequenzen der Maschine oder der Umgebung werden heute

vermehrt gemessen. Für schnelle, genaue und aussagefähige Messungen ist eine Frequenzanalyse unerlässlich. Gemessen wird die Schwingungsamplitude als Schwingbeschleunigung (m/s^2 oder g). Die Anzeige kann in Funktion der Zeit oder der Frequenz erfolgen.

Mit den modernen Messgeräten ist auch direkt die einfache oder doppelte Integration zur Anzeige der Schwinggeschwindigkeit (m/s) beziehungsweise des Schwingweges (mm) möglich. Nun ist aber beim Körperschall ähnlich wie in der Akustik die subjektive Empfindung für Schwingungen offensichtlich frequenzabhängig. Die linearen Messwerte eignen sich also für die Beurteilung der Störung einer Schwingung schlecht, weshalb eine bewertete Schwingstärke KB definiert wurde (VDI 2057, DIN 4150). In Bild 5 sind der Verlauf dieser KB-Werte, einige Zahlenwerte und deren subjektive Bedeutung eingezeichnet. Tiefe Frequenzen werden demnach stärker empfunden als hohe. Ähnlich wie die erwähnten Lärmgrenzwerte sind in DIN 4150 auch Grenzwerte bestimmt. Man unterscheidet Einwirkungszone: Industriezonen, gemischte Industrie- und Wohngebiete sowie Wohnzonen. Daneben gelten unterschiedliche Grenzwerte für Tag und Nacht.

Schwingungsisierte Maschinenlagerung

Fast immer sind die Anforderungen an eine Maschinenaufstellung widersprüchlich: Die Maschine soll fest und stabil stehen aber gut schwingungs isoliert sein. Sie soll einfach und schnell montierbar (und demontierbar) sein aber nicht rutschen. Und sie soll auch hochpräzise nivelliert und nachnivelliert werden können, sich aber nicht verstellen.

Diesen ständig gesteigerten Anforderungen und dem immer breiteren Angebot an Schwingungs isolier- und Nivellierelementen steht der Betriebs- oder Unterhaltsleiter heute oft etwas hilflos gegenüber. Besonders wenn Probleme in heiklen Fällen zu lösen sind. Manchmal musste schon die Erfahrung, dass es sich überhaupt um eine kritische Situation handelte, mit viel Ärger, Aufwand und Geld bezahlt werden. Deshalb ist es äusserst wichtig und ratsam, in jedem Fall und vor allem frühzeitig einen Spezialisten beizuziehen.

Firmen, die nicht nur Elemente sondern ganze Problemlösungen liefern (Beratung, Engineering, allfällige Messungen, Material, Montage und weitere Dienstleistungen), müssen idealerweise bereits in der ersten Planungsphase mitwirken können. Insbesondere bei grossen Projekten, wie Neubauten, Fabrikumstellungen und Anschaffung besonders empfindlicher oder besonders störender Einrichtungen, muss bereits der Fundamentgestaltung auch bezüglich Schwingungs isolierung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Hier hilft nur die grosse praktische Erfahrung einer Spezialfirma, die individuelle richtige Lösung zu finden.

Praktische Möglichkeiten

Bei der schwingungs isolierten Maschinenaufstellung ist zuerst einmal zu unterscheiden zwischen aktiver und passiver Isolierung. Mit der **aktiven Schwingungs isolation** wird die Umgebung vor der schwingungsverursachenden Maschine geschützt.

Beispiele: Pressen, Stanz- und Schneidmaschinen, Mischer, Dieselgeneratoren, Wärmepumpen.

Bei der **passiven Schwingungs isolation** dagegen muss eine besonders empfindliche Einrichtung vor störenden Einflüssen der Umgebung geschützt werden, wie sie z.B.

durch eine Eisenbahnlinie, den Strassenverkehr, eine Kranbahn oder ähnliches verursacht werden.

Beispiele: Schleifmaschinen, Messmaschinen, Waagen, Elektronenmikroskope.

Die Frage, ob eine Direktisolierung, eine Fundamentisolierung oder eine Doppelisolierung nötig ist, muss sorgfältig geklärt werden. Eine Direktisolierung ist aus wirtschaftlichen Gründen anzustreben. Sie kann aber oft bei Maschinen, die für eine einwandfreie Funktion sehr stabil stehen müssen, nicht befriedigen. Denn je stabiler und ruhiger eine Maschine stehen soll, desto «härter» muss sie isoliert werden. Entsprechend schlechter fällt die Isolierwirkung aus. Insbesondere gilt dies auch für Maschinen, die eine ungenügende Verwindungssteifigkeit aufweisen und trotzdem äusserst genau positioniert und nivelliert werden müssen. Hier hilft nur die Fundamentisolierung.



Bild 6: AirLoc Nivellierelemente



Bild 7: AirLoc Präzisionsnivellierschuhe

Zur **Direktisolierung** mit Nivelliermöglichkeit steht im AirLoc-Programm ein reichhaltiges Angebot an Nivellierelementen und Präzisionsnivellierschuhen zur Auswahl (Bild 6 u. 7). Für Fälle, wo die Maschine verankert werden muss, gibt es sowohl ein kraftschlüssiges (ohne jegliche Isolierwirkung) als auch ein körperschallisolierendes Nivellier- und Verankerungssystem. Dabei stehen ganz klar die Nivelliergenauigkeit (im Hundertstelmillimeterbereich) und die Standfestigkeit im Vordergrund.

Die Erfahrung lehrt jedoch, dass die meisten vermeintlich zu verankernden Maschinen risiko- und problemlos freistehend montiert und nivelliert werden können. So ist es möglich, durch die Wahl des Isolationsmaterials unter dem Nivellierschuh den optimalen Kompromiss zwischen Isolierwirkung und Stabilität zu finden. Durch den hohen Reibungskoeffizienten von ca. 0,8 werden enorme Horizontalkräfte aufgenommen. Isolierte Horizontalabstützungen verhelfen in Extremfällen zu absolut sicherer Standfestigkeit. Auf diese Art werden z.B. Kunststoffblasmaschinen mit aggressiven Horizontalhubbewegungen frei aufgestellt.

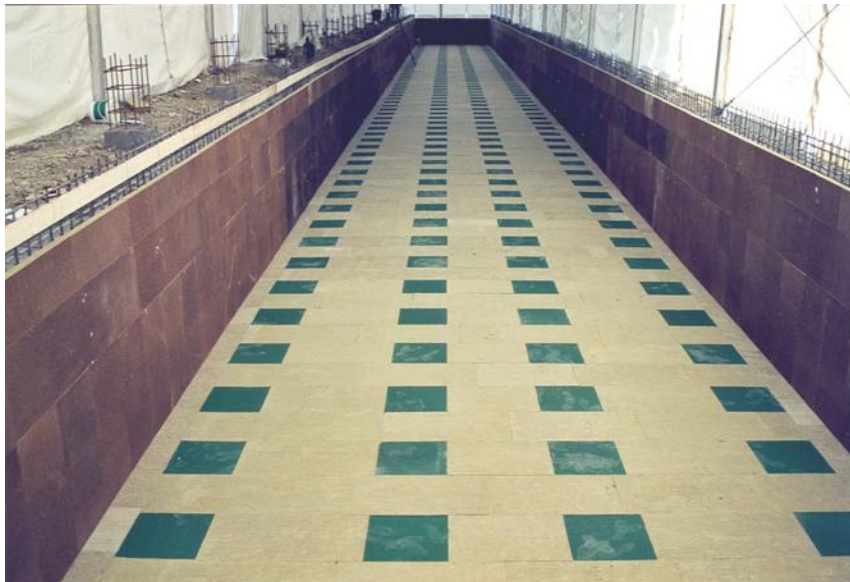


Bild 8: Fundamentwanne ausgelegt mit AirLoc Isolationssystem zur Schwingungs- und Körperschallisolation

Unter **Fundamentisolierung** ist im weitesten Sinn jede Schwingungsisolierung zu verstehen, die nicht direkt unter der Maschine, sondern unter dem Maschinenfundament angebracht ist. Ein solches Maschinenfundament ist im Boden in einer Fundamentwanne oder -tasse versenkt (Bild 8). Bei kleinen Abmessungen kann aber durchaus eine Fundamentplatte auf dem Boden angeordnet werden. Am meisten verbreitet ist jedoch die Ausführung eines isolierten Maschinenfundamentes.

Bei der Auslegung der Fundamentisolierung gilt es, sich die drei überragenden Vorteile eines isolierten Fundamentes ständig vor Augen zu halten:

- Erster Zweck eines Fundamentes ist es, die Stabilität sowie die Verwindungssteifigkeit der Maschine zu erhöhen beziehungsweise zu erreichen. Viele Maschinen und Apparate sind ohne genaue gegenseitige Positionierung gar nicht funktionsfähig. Hier kann das Fundament eigentlich als Teil des Maschinenkörpers betrachtet werden.
- Ein zweiter Grund ist die Möglichkeit, unter einem stabilisierenden und flächenvergrößernden Fundament eine wesentlich weichere, tiefer frequente und damit wirkungsvollere Isolierung einzubringen als es direkt unter der Maschine möglich ist.
- Schliesslich ist noch die Zusatzmasse des Fundamentblocks als Dämpfungsvergrößerung von wesentlicher Bedeutung.

Zusätzlich sind seitens der Lieferfirma der Schwingungsisolierung eine Anzahl feiner, aber wichtiger Details zu beachten.

Die **Doppelisolierung** ist die Kombination der beiden Arten von Maschinenisolierungen:

- ⇒ Eine relativ harte, aber körperschalldämpfende Direktisolierung der Maschine auf einem tieferfrequent isolierten Fundament.

Damit kann bei optimaler Abstimmung ein ausgezeichneter Wirkungsgrad erzielt und die Maschine doch äusserst stabil aufgestellt werden. Mit diesem System wurden weltweit mit grösstem Erfolg schon mehrere hundert Rotationsdruckmaschinen isoliert, Dies sind Maschinen mit Gewichten zwischen ein paar hundert und mehreren tausend Tonnen und Längen zwischen 15 und 80 m. Der Projektleiter eines solchen Neubaus äusserte sich so: «Es liegt in der Natur der Sache, dass ein Fundament nach seiner Erstellung nie

mehr sichtbar sein wird und trotzdem in aller Bescheidenheit als das wichtigste Bauwerk bezeichnet werden kann»

Erdbebensichere Maschinenaufstellung

Weltweit gesehen ereignen sich ca. 80 % aller Erdbeben im so genannten Feuergürtel rund um den Pazifik. Hierzu gehören Japan, Philippinen, der SW-Pazifik sowie die Westküsten von Süd-, Mittel- und Nordamerika. Die dominierenden Erdbebengebiete in Europa liegen überwiegend im Mittelmeerraum. Vor allem die nordafrikanische Küstenzone, Italien, die Länder des ehemaligen Jugoslawiens, Griechenland, die Türkei sowie der südliche Teil der Alpen sind hier zu nennen. Die Alpenregionen der Schweiz und Österreich gehören mit zu dieser Einflusszone. Auch nördlich der Alpen sind häufig geringere Erdbeben zu beobachten. Dies steht im Zusammenhang mit der Tektonik des Rheingraben.

Für diese Gebiete ist die Frage nach einer isolierten Maschinenaufstellung, kombiniert mit einer Erdbebensicherung, sehr aktuell. Denn der Schutz gegen Schwingungen infolge nicht absolut zerstörerisch wirkender Erdbeben verhindert Maschinenschäden und Produktionsausfälle. Besonders die horizontalen Komponenten der Erdbebenschwingungen wirken auf Gebäude und Maschinen zerstörend. Die Störfrequenzen infolge Erdbeben liegen je nach Bodenbeschaffenheit zwischen 0,2 und 2,0 Hz. Bei diesen sehr tiefen Frequenzen leuchtet es ein, dass die Maschinenaufstellung im Erdbebenfall möglichst starr, stabil und fest sein soll. Weiterhin sollte eine genügend gute Schwingungsisolation nach der oben beschriebenen Ausführung der Doppelisolation vorhanden sein. Zum Schutz gegen Erdbebenschwingungen werden die Maschinen auf dem Fundament zusätzlich horizontal abgestützt. Auch hier ist zwischen Stütze und Maschine ein Isolationsmaterial angeordnet. Die Stützen werden aufgrund der zu erwartenden Horizontalbeschleunigungen der Erdbeben bemessen und entsprechend im Fundament verankert.

Existiert aufgrund solcher Erdbebenbeschleunigungen eine Kippgefahr für die Maschine, müssen die Maschinenfüsse mit ihren Nivellierschuhen mittels Ankerschrauben im Fundament befestigt werden. Diese Gefahr ist immer dann vorhanden, wenn die Maschine eine schmale Aufstellfläche hat und dabei relativ hoch baut. Typische Beispiele sind hier grosse Rollenrotationsdruckmaschinen.

Erfahrungen der letzten 50 Jahre zeigen, dass diese Lösung bei den in Westeuropa aufgetretenen Erdbeben bis Magnituden von 4.0 nach Richter nicht immer notwendig war. Ein besonderes Erlebnis war ein Erdbeben der Stärke 4,0 im Niederrheingebiet. Hier waren Rollenrotationsmaschinen ohne Erdbebensicherung aber mit Doppelisolation aufgestellt. Schon allein die rutschhemmende Wirkung des Isolationsmaterials unter den Nivellierschuhen verhinderte ein horizontales Verrutschen der doppelt isolierten Maschinen bei Erdbeben, während vergleichbare Maschinen ohne solch eine Schwingungsisolation Schäden erlitten.

Schwingungsisoliermaterial

Im Zentrum der ganzen Schwingungstechnik steht letztlich das Isolationsmaterial, dessen Eigenschaften und Möglichkeiten. Es gibt eine ganze Menge verschiedener Materialien, die in wenige Gruppen eingeteilt werden können:

- Federn
- Kautschuk (natürlicher und synthetischer)

- Kork- und Faserplatten
- Verbundmaterialien
- Elastomere.

Alle haben sie in einem grösseren oder kleineren Bereich ihre Vorteile. So finden beispielsweise Stahl- oder Luftfedern im extremen Tieffrequenzbereich (1 bis 5 Hz) ihre bevorzugte Anwendung. Kork hat gute Dämpfungseigenschaften, Kautschuk ist durch seine Form- und Vulkanisierbarkeit vielfältig anpassbar und die Faserverbundplatten haben durch den besonderen Aufbau ausgezeichnete Stabilitätseigenschaften bei Eigenfrequenzen bis hinunter zu 25 Hz. Die heute oft eingesetzten Elastomere auf Kunststoffbasis haben gute chemische Beständigkeiten. Durch geeignete Massnahmen und Kombinationen kann mit diesen Plattenmaterialien eine Eigenfrequenz von unter 15 Hz erreicht werden. Mit speziellen konstruktiven Ausführungen der Elastomerplatten erreicht man sogar Eigenfrequenzen von 6 bis 7 Hz. Damit können praktisch alle Schwingungsprobleme optimal gelöst werden.

Bei allen Arten von Isolationsmaterialien ist zu beachten, dass die angegebenen Spezifikationen labormässig gemessen und bestätigt werden, da es - besonders für inhomogene Materialien - keine rechnerischen Gesetzmässigkeiten gibt. Weiterhin müssen Angaben über die Lebensdauer, die Beständigkeit und das Kriechverhalten für jedes Material definiert und quantifiziert sein. Auch in dieser Beziehung ist es gut, wenn man sich auf Spezialisten mit langjähriger Erfahrung verlassen kann, die ihre Produkte und deren Anwendungs-Know-How in modernen Einrichtungen mit aktiver Weiterentwicklung ständig verbessern.

Die Firma AirLoc Schrepfer AG ist in diesem Sinne hochspezialisiert und weltweit seit über 50 Jahren tätig. Eine ganz besondere Erfahrung und ein ausgereiftes Know-how besteht für die schwingungsisierte Lagerung von grossen Rollenrotationsdruckmaschinen. Aber auch sämtliche anderen Probleme bezüglich Schwingungsisolation und Nivelierung für alle Arten von Maschinen werden hier professionell gelöst.