

# Erdbebensichere Aufstellung von Maschinen und Anlagen

Stand: Dezember 2013

**AirLoc Schrepfer AG**

Industriestrasse 2, CH-8618 Oetwil am See  
Telefon +41 44 929 77 00, Fax +41 44 929 7710  
[www.airloc-schrepfer.com](http://www.airloc-schrepfer.com), [info@airloc-schrepfer.com](mailto:info@airloc-schrepfer.com)

**Vertriebspartner**

Angaben zu unseren weltweiten Vertriebspartnern finden Sie im  
Internet unter [www.airloc-schrepfer.com](http://www.airloc-schrepfer.com)

## Erdbebensichere Aufstellung von Maschinen und Anlagen

Die Menschen sind in vielerlei Hinsicht von Maschinen abhängig. Der gesamte industrielle Wirtschaftskreislauf beruht auf dem Erzeugen und dem Verkaufen von Gütern. Maschinen spielen hier eine wesentliche Rolle. Es gibt fast keine Waren mehr, die nicht mit Hilfe von Maschinen produziert oder in irgend einer Weise weiterverarbeitet werden. Wenn Maschinen grossflächig und kurzfristig ausfallen, z. B. durch ein Erdbeben, kommt es innerhalb kurzer Zeit zu massiven Beeinträchtigungen im industriellen und wirtschaftlichen Netzwerk.

Jüngste Beispiele in Japan zeigen wie verletzlich das engmaschige Netz der menschlichen Infrastruktur ist. Zahlreiche Studien haben sich mit den unmittelbaren Folgen eines „simplen“ Stromausfalls befasst. Tatsache ist, dass allein nach einer Woche ohne elektrischer Energie die Ballungszentren in schwere Not geraten würden.

Entsprechend sind die primären Systeme wie z. B. Notstromaggregate, Wasseraufbereitung, Krankenhäuser und Versorgungswege abgesichert. Aus diesem Grund sind redundante Systeme und Absicherung gesetzlich vorgeschrieben.

Nicht lebensnotwendige Wirtschaftszweige sind da jedoch weitestgehend sich selbst überlassen. Natürlich gibt es für den Unternehmer, der eine neue Fabrik errichtet, gesetzliche Auflagen, wie er seine Produktionshalle zu bauen hat, damit im Erdbebenfall die Menschen, die darin arbeiten nicht verletzt werden. Aber für die Maschinen, die in der gleichen Halle stehen gilt das nicht - solange von denen bei Beschädigung keine Gefahr ausgeht.

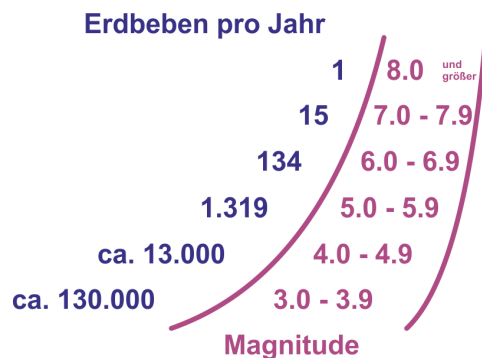


Abbildung 1: Durchschnittliche jährliche Erdbebenhäufigkeit in Abhängigkeit von der Magnitude basierend auf den Daten des United States Geological Survey (USGS). Quelle: BGR.

Je grösser, je kostspieliger und produktiver eine Maschine ist, desto grösser ist der wirtschaftliche Schaden der, bei einem Ausfall entsteht. Nachfolgende Zweige werden nicht mehr versorgt, zugelieferte Teile oder Rohstoffe können nicht mehr verarbeitet werden.

In den bekannten Erdbebengebieten ist Erdbebenschutz gesetzlich. Täuschend hierbei ist, dass unter „Erdbebengebieten“ allgemein der sog. zirkumpazifische Feuergürtel rund um den Pazifik angenommen wird. Zwar ereignen sich hier weltweit gesehen ca. 80 % aller Erdbeben, dennoch existieren auch dominierende Erdbebengebiete in Europa, die überwiegend im Mittelmeerraum liegen. 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 Erdbeben zu beobachten. Dies steht im Zusammenhang mit der Tektonik des Rheingraben.

Unter Erdbebengefährdung versteht man die Wahrscheinlichkeit, mit der an einem bestimmten Standort eine gewisse Bodenbeschleunigung durch Erdbeben innerhalb eines definierten Zeitraumes erreicht oder überschritten wird. Als Bemessungsgrundlage dieser Gefährdung verwendet man nach der europäischen Norm Eurocode 8 (ENV 1998-1-1) eine sogenannte Referenz-Wiederkehrperiode

von 475 Jahren. Anders ausgedrückt beträgt die Überschreitenswahrscheinlichkeit der in der Karte angegebenen Maximalwerte 10 % innerhalb von 50 Jahren.

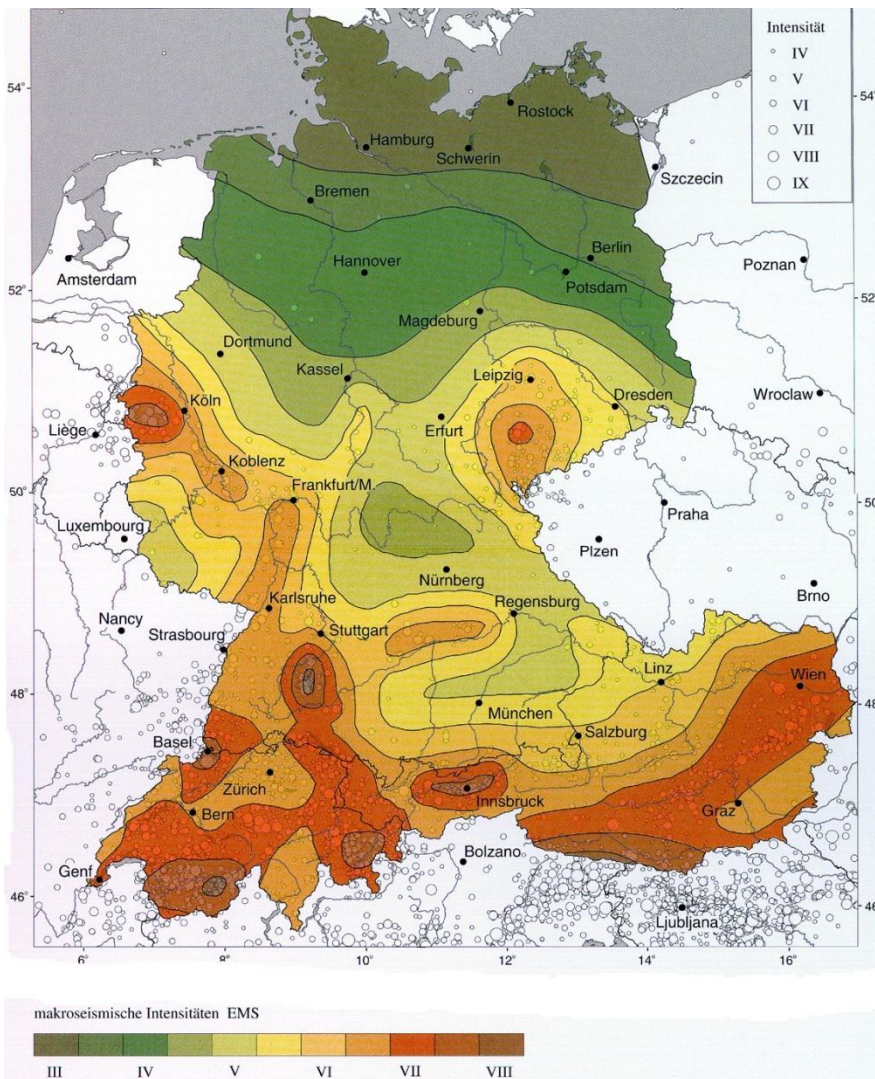


Abbildung 2: Erdbebengefährdungskarte für die Länder Deutschland, Österreich und Schweiz. Quelle: G. Grünthal, D. Mayer-Rosa, 1998.

Intensitätenklassen: I nicht gefühlt, II vereinzelt gefühlt, III schwach, IV größtenteils beobachtet, V stark, VI leichte Schäden, VII schaden-bringend, VIII stärker schädigend, IX zerstörend, X sehr zerstörend, XI verwüstend, XII vollständig verwüstend

Es sollte also jedem Unternehmer bewusst sein, dass Erdbeben ein nicht zu unterschätzendes Risiko darstellt.

## Wie lassen sich Maschinen vor Erbeben schützen?

Diese Frage ist berechtigt nach den o. a. Ausführungen. Im Folgenden werden die vier wirksamsten Massnahmen vorgestellt, um Maschinen vor den äusseren Einflüssen von Erdbeben zu schützen:

### 1. Fundament mit elastischer Lagerung = Fundamentisolation

Grundsätzlich empfiehlt es sich, Maschinen mit grosser Empfindlichkeit gegenüber äusseren dynamischen Störungen schwingungs isoliert aufzustellen. Besonders bei grossen, schweren Maschinen lässt sich eine Schwingungs isolierung allerdings nur mit Hilfe einer eigens an die jeweiligen Randbedingungen abgestimmten Fundamentisolation erreichen.

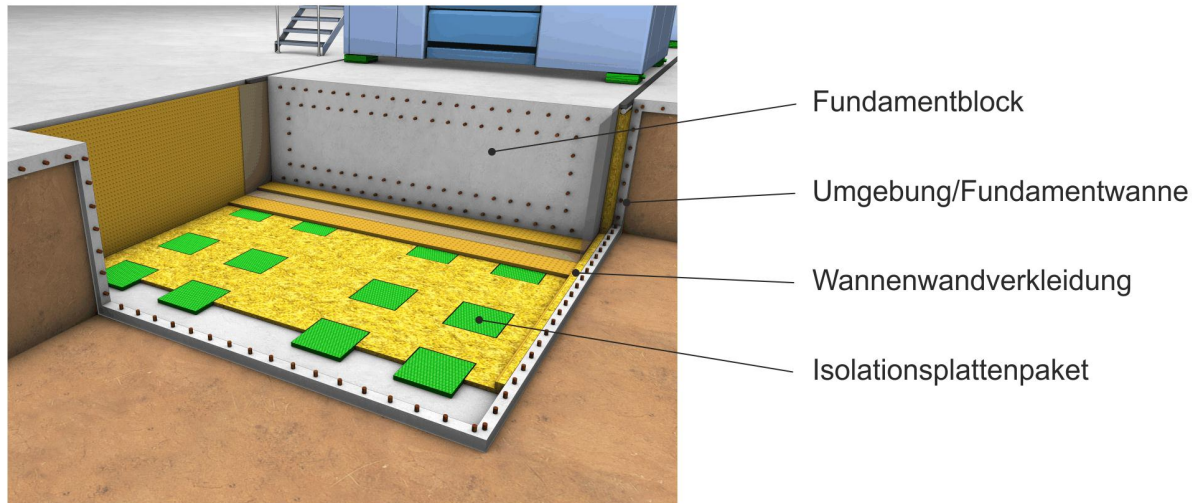


Abbildung 3: Aufbau einer AirLoc Fundamentisolation

Welche Kriterien führen zu dieser Schlussfolgerung?

- Maschinen haben oft eine nicht genügende Eigensteifigkeit. Der Fundamentblock übernimmt diese Funktion.
- Die vergrößerte Auflagefläche unter dem Fundamentblock verschafft eine erhöhte Kippstabilität bei äusseren Beschleunigungen von Erdbeben.
- Die zusätzliche Masse des Fundamentblocks besitzt eine Trägheit, die entgegen der Erregerkräfte wirkt, seien sie ursprünglich von der Maschine oder von einem Erdstoss. Diese Trägheit bewirkt demnach, dass das System schwerer aus einer zuvor eingenommenen Lage zu bringen ist.
- Die Trennfuge zwischen dem Fundamentblock und der Umgebung gibt eine horizontale und vertikale Bewegungsfreiheit. Diese wird durch die elastische Auflagerung unterhalb des Blockes ausgenutzt. Damit können kurzzeitige Stösse (sog. Shock- oder Kraftstösse) zu einer zeitlich längeren Schwingung „gedehnt“ werden. Das hat zur Folge, dass der Kraftanteil des Impulses auf eine längere Zeit verteilt wird und grosse, gefährliche Kraftspitzen sich nicht bilden können.
- Der Schutz gegen Schwingungen infolge nicht absolut zerstörerisch wirkender Erdbeben verhindert Maschinenschäden und Produktionsausfälle.

Abgesehen davon erreicht man mit dieser Massnahme weitere Vorteile:

- Die dynamischen Kräfte der Maschine selber werden vom Untergrund entkoppelt. Damit wird kein Körperschall in die Umgebung weitergeleitet.
- Durch die Isolierung von Körperschall kann die Lebensdauer von Gebäuden und Maschinen verlängert werden.
- Das Bedienungspersonal wird nicht übermässigem Lärm und Schwingungen am Arbeitsplatz ausgesetzt. (Die Grenzwerte sind in entsprechenden Normen definiert).

## 2. Stellfüsse mit elastischem Belag

Bei kleinen bis mittelgrossen Maschinen kann eine elastische Auflagerung an den eigenen Maschinenfüssen die von aussen einwirkenden Kraftstösse effektiv dämpfen. Hinzu kommt, dass bei der Verwendung von elastomeren Isolationsplatten der Reibungskoeffizient zwischen der Maschine und dem Boden erheblich zunimmt. Einem Verrutschen der Maschine bei horizontalen Schwingungen kann so effektiv entgegengewirkt werden. Bei einer Verwendung in Verbindung mit Nivellierschuhen besteht zusätzlich die Möglichkeit der Feinnivellierung der Maschine, denn gummielastische Materialien unterliegen bekanntermassen anderen Grössenordnungen in den Fertigungstoleranzen und in den Stauchungswerten.

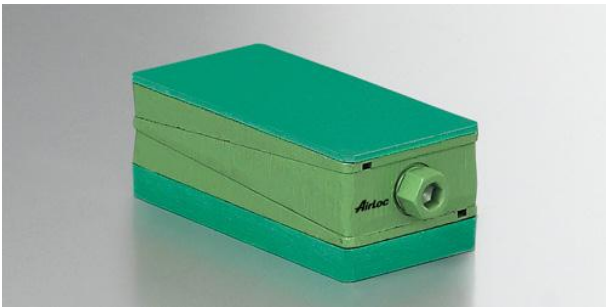


Abbildung 4: Nivellierschuh zur freistehenden Aufstellung (ohne Verankerung) von Maschinen bestückt mit Isolationsplatten

Nutzt man diese isolierten Maschinenschuhe in Verbindung mit einer Fundamentisolation spricht man von einer Doppelisolation. Die Doppelisolation kombiniert eine relativ harte aber körperschalldämpfende Direktisolation der Maschine auf einem tieferfrequent isolierten Fundament. Damit kann bei optimaler Abstimmung ein ausgezeichneter Wirkungsgrad erzielt und trotzdem die Maschine äusserst stabil aufgestellt werden.

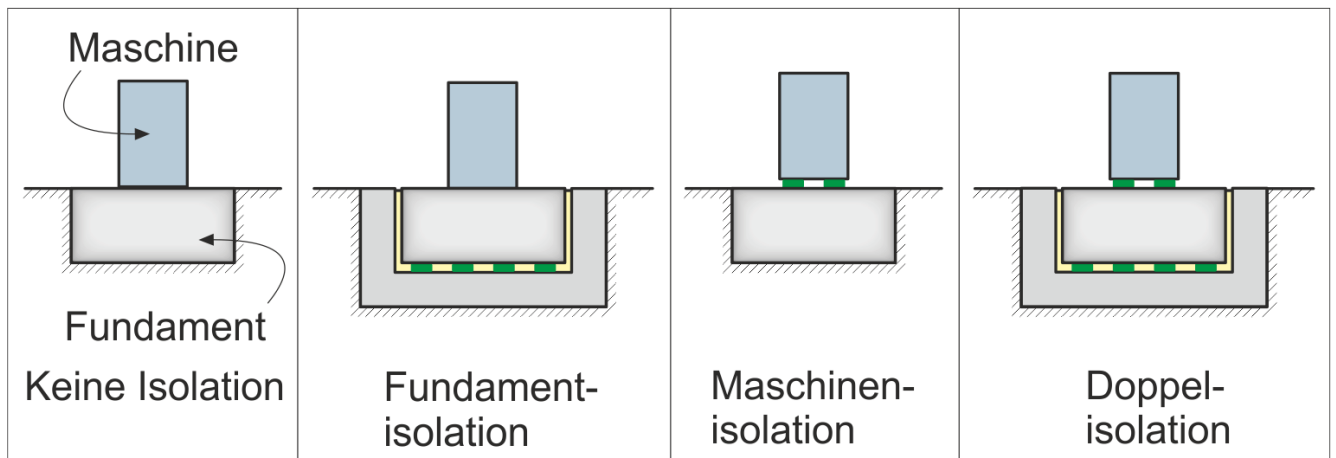


Abbildung 5: Maschinenisolationen in der Übersicht

## 3. Horizontalabstützungen

Trotz des eben genannten hohen Reibungskoeffizienten einer elastischen Isolationsplatte, können horizontale Kräfte nur bis zu einer gewissen Grenze standgehalten werden. Je nach Maschinencharakteristik und je nach den Anforderungen an den Erdbebenschutz ist eine horizontale Abstützung notwendig. Auch hier ist zwischen Stütze und Maschine ein Isolationsmaterial angeordnet. Die Stützen werden aufgrund der zu erwartenden Horizontalbeschleunigungen (abgeschätzt aus vergangenen Erdbeben am Aufstellort) der Erdbeben bemessen und entsprechend im Fundament verankert.

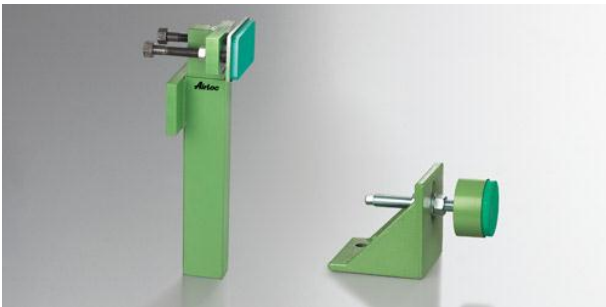


Abbildung 6: Gängige Lösungen zur horizontalen Abstützung von Maschinen. Links eingiessbar, rechts anschraubbar

#### 4. Verankerung

Existiert aufgrund solcher horizontalen 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 Rollenrotationsdruck-Maschinen oder Pressen mit hoch liegender Schwungscheibe.

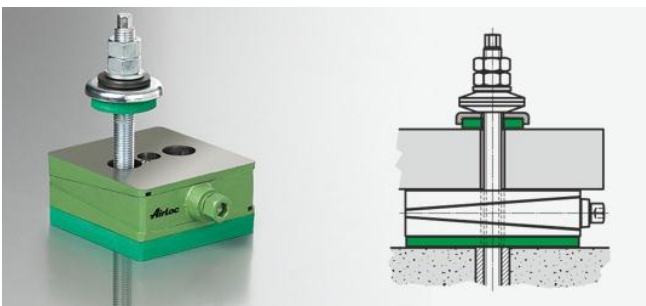


Abbildung 7: Durchschraubbarer Nivellierschuh mit Isolation

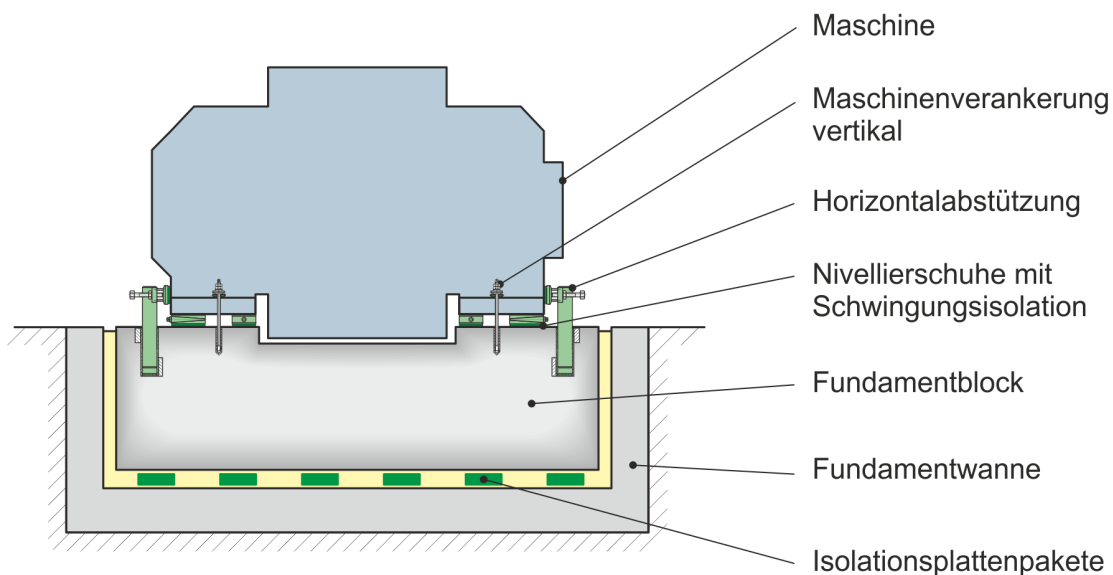


Abbildung 8: Schematisches Beispiel einer erdbebensicheren doppelisolierten Maschinenaufstellung

An dieser Stelle darf nicht unerwähnt bleiben, dass eine enge Zusammenarbeit zwischen dem zukünftigen Maschinenbetreiber (dem Endkunden), den verantwortlichen Architekten und Bauingenieuren für die Ausführung aller baulichen Massnahmen für Fundament und Gebäude sowie den Schwingungsfachleuten notwendig ist. Nur so erhält der Endkunde die gewünschte Lösung. Diese erlaubt es ihm, für viele Jahre optimale und qualitativ hochstehende Produkte zu erzeugen.

Die erdbebensichere Aufstellung von Maschinen ist eine Spezialität der AirLoc Schrepfer AG, die das komplette Sortiment von einstellbaren Maschinenfüssen, Isolationsplatten in unterschiedlichen Eigenfrequenz- und Härtebereichen, Horizontalabstützungen bis hin zu einem umfangreichen passenden Zubehör für jede Variante im Herstell- und Lieferprogramm hat.

## **Erfahrungen aus fast 40 Jahren Erdbebensicherung**

Im Jahre 1977 wurde im erdbebengefährdeten Los Angeles, Kalifornien, USA, die erste Doppelisolation gegen störende Schwingungen sowie Sicherung gegen Erdbeben für eine Rollenrotationsdruckmaschine ausgeführt. Weitere sieben Installationen im gleichen erdbebengefährdeten Gebiet (St. Andreas Graben) folgten in kurzen Zeitabständen.

Die behördlichen Auflagen zur Erbebensicherung waren sehr gross. So wurde vorgeschrieben, dass 30 % des Maschinengewichtes durch horizontale Stützsysteme sicher aufgenommen werden müssen. Der Kontakt zur Maschine wird über abstandsveränderbare Nivellierelemente hergestellt.

Alle diese Maschinen haben schon etliche Erdbeben überstanden. Das grösste Erdbeben hatte dabei eine Stärke von 7,2 auf der Richter-Skala. Viele andere lagen bei Werten zwischen der Stärke 4 und 7. Keine der Maschinen wurden auch nur im Geringsten beschädigt. Sie konnten alle ohne Unterbrechung weiter betrieben werden.

Auch in Japan sind mehr als 20 Rotationsdruckmaschinen schwingungs isoliert mit Erdbebensicherung aufgestellt. Häufige Erdbeben, wobei eine grosse Zahl Werte von 4,5 bis 6,7 nach der Richter-Skala hatten, haben bis heute keine Schäden verursacht.

Feedback anderer Installationen solcher Maschinen in erdbebengefährdeten Gebieten mit entsprechender Schwingungs isolation und Erdbebensicherungen aus Athen, Rom, Sizilien, Teheran, Nairobi mit einer maximalen Magnitude von 5,6 auf der Richter-Skala, brachten keine Schadensmeldung hervor.

Gleiches gilt für eine grössere Zahl von Notstromgenerator-Sätzen in Japan, die auf erdbebensicher isolierten Fundamenten aufgestellt wurden. Eine ununterbrochene Funktion dieser Maschinen ist ein wesentlicher Sicherheitsaspekt in Krankenhäusern und Hotels. Die erste Installation erfolgte 1992. Hunderte von Erdbeben sind seither aufgetreten, wobei eine grössere Zahl der Erdbeben Werte bis 5,0 nach Richter erreichten. Die Notstromgenerator-Sätze haben bis heute problemlos funktioniert.

Es hat sich gezeigt, dass bei sorgfältiger Berücksichtigung der bei Erdbeben auftretenden Beschleunigungen auch hier ein Maschinenschutz erreicht werden kann. Den horizontalen Erdbebenbeschleunigungen ist dabei besondere Aufmerksamkeit zu geben.

Erfahrungen mit ausgeführten Anlagen aus fast 4 Jahrzehnten erlauben die Aussage, dass mit der beschriebenen Methode ein Maschinenschutz bis zu Magnituden von 6,0 möglich ist. Somit, wie eingangs erwähnt, würde eine Maschine, statistisch gesehen, 99% der auftretenden Erdbeben unbeschadet überstehen.

Unser erfahrenes Ingenieurteam steht Ihnen für alle Fragen rund um das Thema Erdbebensicherung unverbindlich zur Verfügung. Unser weltweites Vertriebsnetz macht unsere Produkte auch dort verfügbar, wo Sie Ihre Anlage oder Maschine planen. Unser Ziel ist es, Ihre Investitionen zu schützen.

**Autor: Dipl. Ing. (FH)Thomas Schmoll**

**Contact: AirLoc Schrepfer Ltd.  
Industriestrasse 2  
CH-8618 Oetwil am See  
Switzerland**

**Telefon +41 44 929 77 00  
Fax +41 44 929 7710  
www.airloc-schrepfer.com  
info@airloc-schrepfer.com**