

Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

► Erdbebensicherheit von Schaltanlagen

White Paper IE 7

Datum: November 2018

Autor: Hartmut Paul

Um Schäden bei einem Erdbeben zu vermeiden, sollten Gebäude und technische Infrastrukturen nach Möglichkeit „erdbebensicher“ ausgelegt sein. Schaltanlagenbauer, die mit den Anforderungen rund um die Erdbebensicherheit konfrontiert werden, begegnen damit einem nicht alltäglichen Thema, das Experten-Know-how erfordert. Was aber tun, wenn verlangt wird, dass eine Schaltanlage „erdbebensicher“ sein soll? Genau für diese und ähnliche Fälle soll der vorliegende Leitfaden eine Hilfestellung bieten, mit dem sich der Schaltanlagenbauer einen grundlegenden Überblick verschaffen kann.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
2	Ist die Schaltanlage erbebensicher?	6
2.1	Was ist zu tun?	6
2.2	Was ist zu beachten?	6
2.3	Welche Normen gelten?	6
3	Intensitäten, Magnituden und Erdbebenzonen	7
3.1	Subjektive Intensitätsskalen	7
3.2	Messtechnik für Erdbeben	8
3.3	Erdbeben-Wahrscheinlichkeit wichtig für die Gefahrenabschätzung	8
4	Erdbebenschäden an der elektrischen Infrastruktur	10
5	Übersicht über die Normenlage	12
6	Typische Prüfverfahren	14
6.1	Unterschiedliche Frequenzspektren in den Normen	14
6.2	Prüfspektren sehr ähnlich	15
7	Schaltschrank mit Erdbebenausführung	16
8	Konkretes Vorgehen	20
9	Zusammenfassung	21
10	Verzeichnis Abbildungen, Tabellen und Quellen	22

1 Einführung

Naturgewalten bedrohen den Menschen seit jeher, fordern immer wieder zahlreiche Todesopfer und verursachen gewaltige Sachschäden. Während extreme meteorologische Ereignisse wie Stürme, Sturmfluten, Überschwemmungen und Hitzewellen heute relativ gut prognostiziert werden können, sind Erdbeben immer noch vergleichsweise schwer vorherzusagen. Unter anderem ist dies ein Grund dafür, dass unter den elf Naturkatastrophen (siehe Tab. 1) mit den meisten Todesopfern im Zeitraum von 1980 bis 2013 allein sieben Erdbeben zu finden sind [Mun14].

Datum	Ereignis	Magnitude	Region	Todesopfer
12.1.2010	Erdbeben	7,0	Haiti	222.570
26.12.2004	Erdbeben, Tsunami	9,1	Sri Lanka, Indonesien, Thailand, Indien, Bangladesch, Myanmar, Malediven, Malaysia	220.000
2.–5.5.2008	Zyklon Nargis, Sturmflut	–	Myanmar	140.000
29.–30.4.1991	Tropischer Zyklon, Sturmflut	–	Bangladesch	139.000
8.10.2005	Erdbeben	7,8	Pakistan, Indien, Afghanistan	88.000
12.5.2008	Erdbeben	5,8	China	84.000
Juli/August 2003	Hitzewelle	–	Europa	70.000
Juli/Sept. 2010	Hitzewelle	–	Russland	56.000
20.6.1990	Erdbeben	7,4	Iran	40.000
26.12.2003	Erdbeben	6,6	Iran	26.200
11.03.2011	Seebeben, Tsunami	9,0	Japan	18.537

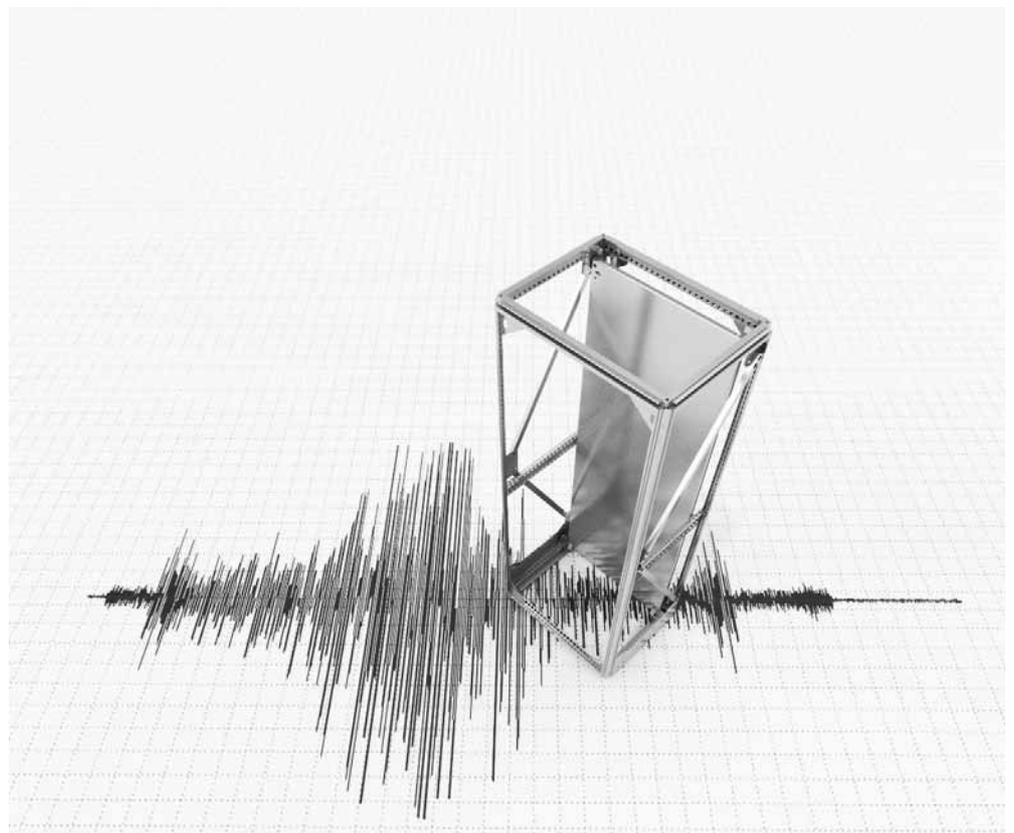
Tabelle 1: Todesopfer bei Naturkatastrophen 1980 bis 2013

Erdbeben entstehen als Folge von Prozessen im Inneren der Erde. Die feste Erdkruste, die aus den sogenannten Platten besteht, bewegt sich auf dem flüssigen Erdinneren – ein Vorgang, der als Plattentektonik bezeichnet wird. An den Plattengrenzen bewegen sich diese aufeinander zu, voneinander weg oder aneinander vorbei. Bei diesen Bewegungen können sich die Platten ineinander verhaken, so dass sehr große Spannungen entstehen. Entladen sich diese Spannungen dann ruckartig, so kommt es zum Erdbeben, das je nach Stärke noch über große Entfernungen zu Schäden führen kann.

Die durch Erdbeben verursachten Sachschäden sind überwiegend strukturelle Schäden an Gebäuden und Verkehrs-Infrastrukturen, die teilweise auch als Schäden durch sekundäre Ereignisse wie Erdbeben und Tsunamis entstehen. Sehr große Sachschäden treten aber auch an Anlagen innerhalb von Gebäuden auf. Je nach Schwere des Erdbebens und der Besiedelung des betroffenen Gebiets können diese durchaus in die Größenordnung der oben

genannten Schäden an Gebäuden und Verkehrs-Infrastrukturen heranreichen. Schäden an der technischen Infrastruktur können außerdem dafür verantwortlich sein, dass in der Phase nach dem eigentlichen Erdbeben in vielen Fällen eine mangelnde Versorgung mit Elektrizität, Trinkwasser, Gas usw. eintritt. Gerade nach einem Erdbeben, bei dem schnelle Hilfe für die Betroffenen wichtig ist, sorgen Zerstörungen an der Verkehrs- und der technischen Infrastruktur dafür, dass die Hilfe behindert wird.

Um die oben beschriebenen Schäden bei einem Erdbeben zu vermeiden, sollten Gebäude, Verkehrs-Infrastruktur und technische Infrastruktur in durch Erdbeben gefährdeten Gebieten nach Möglichkeit „erdbebensicher“ ausgelegt sein. Die zu ergreifenden Maßnahmen sind aber nicht nur je nach Bereich (Gebäude, technische Infrastruktur) sehr unterschiedlich, es sollte auch jeweils das Erdbebenrisiko mit in Betracht gezogen werden. So sind die Anforderungen in einem durch Erdbeben besonders gefährdeten Gebiet sicher entsprechend höher anzusetzen. Was der Begriff „erdbebensicher“ speziell im Bereich der elektrischen Infrastruktur im Einzelnen beinhaltet, soll in dem vorliegenden White Paper in groben Zügen umrissen werden.



2 Ist die Schaltanlage erdbebensicher?

Im Zusammenhang mit Erdbebensicherheit steht häufig die Sicherheit von Gebäuden im Vordergrund. Dies ist durchaus nachvollziehbar, da durch Schäden an Gebäuden als primäre Erdbebenfolge in aller Regel die meisten Todesopfer zu erwarten sind und auch die Sachschäden überwiegend in diesem Bereich liegen. Dennoch gilt es, auch technische Infrastruktureinrichtungen wie elektrische Schaltanlagen oder Rechenzentren wirkungsvoll gegenüber Erdbeben zu schützen. Dies ist nicht nur für kritische Anlagen, beispielsweise in Kraftwerken oder Produktionsstätten der chemischen Industrie, gefordert, sondern spielt auch bei der allgemeinen Versorgung eine wichtige Rolle.

2.1 Was ist zu tun?

Schaltanlagenbauer, die mit Anforderungen rund um die Erdbebensicherheit konfrontiert werden, sehen sich Themen gegenüber, die üblicherweise nicht zu ihrem täglichen Geschäft gehören. Was aber tun, wenn ein Auftraggeber verlangt, dass die Schaltanlage zum Beispiel erdbebensicher sein soll? Genau für diese und ähnliche Fälle soll der vorliegende Leitfaden eine Hilfestellung liefern, mit dem sich der Schaltanlagenbauer einen grundlegenden Überblick verschaffen kann.

2.2 Was ist zu beachten?

Was ist beim Errichten elektrischer Schaltanlagen in Gebieten, die durch Erdbeben potenziell gefährdet sind, zu beachten? Das ist die zentrale Frage, der hier nachgegangen werden soll. Um die Problematik übersichtlich darzustellen, werden zunächst einige Grundlagen zu Erdbeben und deren Messung sowie zu den verschiedenen Erdbebenskalen erläutert. Der nächste Abschnitt beschäftigt sich mit den Auswirkungen, die ein Erdbeben auf elektrische Schaltanlagen haben kann, sowie den potentiellen Schäden.

2.3 Welche Normen gelten?

Es gibt gleich eine Reihe von Normen und Vorschriften, die sich mit dem Thema Erdbebensicherheit beschäftigen. Wie bereits oben erwähnt, steht die Sicherheit von Gebäuden häufig im Vordergrund. Die Normen haben je nach Fachgebiet – Bauingenieurwesen, Elektrotechnik oder Informationstechnik – teilweise sehr unterschiedliche Ansätze. In dem vorliegenden White Paper wird eine Übersicht der verschiedenen Normen gegeben, die einen Bezug zur elektrischen Infrastruktur haben.

3 Intensitäten, Magnituden und Erdbebenzonen

Ein Erdbeben ist physikalisch gesehen eine Schockwelle, die vom Zentrum des Erdbebens ausgeht. Sie verursacht Schwingung der Erdkruste mit einem komplexen Frequenzspektrum und Anteilen sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung. Beschrieben wird es durch entsprechende Amplituden und Frequenzen an der Erdoberfläche. Da die durch ein Erdbeben freigesetzte Energie nicht direkt gemessen werden kann, verwendet man zur Beschreibung der Stärke eines Erdbebens verschiedene Skalen. Man unterscheidet hierbei zwischen Intensitätsskalen und Magnitudenskalen.

3.1 Subjektive Intensitätsskalen

Intensitätsskalen basieren auf den makroskopischen Auswirkungen eines Erdbebens – beispielsweise die Schwere der Schäden an Gebäuden – sowie auf den subjektiven Wahrnehmungen von Menschen, die das Erdbeben spüren bzw. hören. Eine häufig verwendete Intensitätsskala ist die **Mercalliskala**, die bereits 1902 entwickelt wurde und auch heute noch Anwendung findet (siehe Tab. 2). Intensitätsskalen lassen sich in dünn besiedelten Gebieten nur bedingt anwenden, da kaum Gebäude vorhanden sind, an denen Schäden auftreten könnten, und auch wenig Personen von ihren Wahrnehmungen berichten können.

JMA		Mercalli			
Stufe	Bodenbeschleunigung			Bezeichnung	Stufe
	gal	gal	g (9,81 m/s ²)		
0	< 0.8				
		< 1.0	< 0,001	unmerklich	I
1	0.8–2.5				
		1.0–2.1	0,001–0,002	sehr leicht	II
2	2.5–8.0	2.1–5.0	0,002–0,005	leicht	III
		5.0–10	0,005–0,01	mäßig	IV
3	8.0–25	10–21	0,01–0,02	ziemlich stark	V
		21–44	0,02–0,05	stark	VI
4	25–80				
		44–94	0,05–0,1	sehr stark	VII
5	80–250				
		94–202	0,1–0,2	zerstörend	VIII
6	250–400				
		202–432	0,2–0,5	verwüstend	IX
7	> 400				
		over 432	0,5–1	vernichtend	X
			1–2	Katastrophe	XI
			> 2	große Katastrophe	XII

Tabelle 2: Mercalliskala im Vergleich zur japanischen JMA Skala

Hinweis: Die Seismische Intensität wird nicht ausschließlich basierend auf der Bodenbeschleunigung reguliert. Diese Tabelle ist lediglich eine Referenz.

3.2 Messtechnik für Erdbeben

Magnitudenskalen beruhen auf Messungen durch Seismometer, die lokale Schwingungen der Erdoberfläche in Form von Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Auslenkungen messen. Durch Berechnungen lässt sich durch diese Messungen auf die Stärke des Erdbebens schließen. Die bekannteste Magnitudenskala ist die sogenannte Richterskala, die in den 1930er Jahren entwickelt wurde, und auch heute noch häufig in Zusammenhang mit Erdbeben genannt wird. Die Magnitude nach der Richterskala wird durch Messungen im näheren Umkreis um das Zentrum des Erdbebens gewonnen und deshalb auch häufig als lokale Magnitudenskala bezeichnet. Die Definition der Richterskala basiert auf der Messung mit einem speziellen Typ von Seismometer in einer Entfernung von 100 km zu Epizentrum. Aufgrund des von Charles F. Richter – dem Entwickler dieser Skala – verwendeten Seismometertyps endet die Richterskala bei einem Wert von 6,5 und gilt genau genommen auch nur für den US-Bundesstaat Kalifornien. Höhere Magnituden, die Medien häufig ebenfalls als Werte auf der „nach oben offenen Richterskala“ nennen, sind eigentlich Werte der Momenten-Magnitudenskala, einer modernen Weiterentwicklung der Richterskala. Das stärkste bisher registrierte Erdbeben war das Erdbeben von Valdivia, Chile, mit einer Magnitude von 9,5 im Jahr 1960. Im Vergleich dazu hatte das Erdbeben in Japan, das 2011 zum Reaktorunglück von Fukushima führte, eine Magnitude von 9,0.

3.3 Erdbeben-Wahrscheinlichkeit wichtig für die Gefahrenabschätzung

Neben der Einordnung von Erdbeben nach ihrer Stärke, also der Intensität oder Magnitude, ist noch ein weiterer Aspekt von Bedeutung: die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Erdbeben einer gewissen Stärke auftritt. Um eine sinnvolle Gefährdungsabschätzung zu machen, sind so genannte Erdbeben-Risikozonen definiert. In den USA gibt es beispielsweise fünf Erdbebenzonen. Zone 0 bedeutet, dass in dieser Zone starke Erdbeben praktisch auszuschließen sind; in Zone 4 sind Erdbeben auch größerer Magnitude vergleichsweise wahrscheinlich. Typisches Beispiel für die Erdbeben-Zone 4 sind Teile des US-Bundesstaats Kalifornien. Die Anforderungen nach Erdbebensicherheit für IT- und Telekommunikations-Installationen aber auch für elektrische Infrastruktureinrichtungen legen häufig diese Erdbeben-Zonen zu Grunde.

Die Zoneneinteilung ist jedoch von Land zu Land unterschiedlich: In den meisten europäischen Ländern (wie auch in Deutschland) besteht die Einteilung aus Zone 0 bis Zone 3; aber auch Einteilungen in bis zu fünf Zonen sind möglich. Erschwerend kommt hinzu, dass die Anforderungen an die Zonen nicht für alle nationalen Normen identisch sind (siehe Tab. 3). Eine Vergleichbarkeit der nationalen Normen ist also nicht ohne weiteres gegeben. Die Einordnung in die Erdbebenzonen ist aber für die Umsetzung von erdbebensicheren Anlagen von

großer Bedeutung: Denn nur in Gebieten mit hohem Erdbebenpotenzial müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, was in der Regel mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

Land	AT	DE	CH	FR	IT*	GR	USA
					* für Italien ist die Reihenfolge der Zonen umgekehrt.		
Norm	ÖN 1998-1	DIN EN 1998-1	SIA 261	NF EN 1998-1	OPCM 28	Gna 1998-1	1997 UBC

Zone 0	$a < 0,035 \text{ g}$	0,0 g					0.0 g
Zone 1	$0,035 \text{ g} < a < 0,05 \text{ g}$	0,04 g	0,06 g	$a < 0,07 \text{ g}$	$a < 0,05 \text{ g}$	$a < 0,16 \text{ g}$	0,075 g
Zone 2	$0,05 \text{ g} < a < 0,075 \text{ g}$	0,06 g	0,1 g	$0,07 \text{ g} < a < 0,11 \text{ g}$	$0,05 \text{ g} < a < 0,15 \text{ g}$	$0,16 \text{ g} < a < 0,24 \text{ g}$	0,15 g
Zone 3	$0,075 \text{ g} < a < 0,1 \text{ g}$	0,08 g	0,13 g	$0,11 \text{ g} < a < 0,16 \text{ g}$	$0,15 \text{ g} < a < 0,25 \text{ g}$	$0,24 \text{ g} < a < 0,36 \text{ g}$	0,3 g
Zone 4	$0,1 \text{ g} < a$		0,16 g	$0,16 \text{ g} < a < 0,3 \text{ g}$	$0,25 \text{ g} < a < 0,3 \text{ g}$		0,4 g

Tabelle 3: Bodenbeschleunigungen in Europa und USA

4 Erdbebenschäden an der elektrischen Infrastruktur

Um die Bedeutung der Erdbebensicherheit von elektrischen Installationen beurteilen zu können, muss man sich zunächst einen Überblick über die Schäden verschaffen, die im Falle eines Erdbebens auftreten können. Dabei sind auch die Folgeschäden, die durch den Ausfall einer elektrischen Anlage entstehen könnten, zu berücksichtigen. Gebäudeschäden stehen bei Erdbeben zumeist im Mittelpunkt. Je nach Art des Gebäudes sind die Werte der in einem Gebäude installierten Anlagen häufig höher als der Wert der strukturellen Teile des Gebäudes an sich. Es ist also nicht sinnvoll, bei den Überlegungen zu Erdbebenschäden nur auf die Erdbebensicherheit des Gebäudes abzielen, sondern auch die Anlagen sollten ggf. Anforderungen aus einem Erdbeben standhalten.

Der Funktionserhalt von Anlagen auch bei Erdbeben großer Magnitude ist bei kritischen, sicherheitsrelevanten Infrastrukturen, wie zum Beispiel in kerntechnischen Anlagen, von besonderer Bedeutung. Hierfür sind sehr umfangreiche Maßnahmen notwendig, die nicht im Fokus dieses White Papers stehen. Gerade in den Bereichen Telekommunikation und IT ist ebenfalls eine hohe Verfügbarkeit der Systeme und dementsprechend eine hohe Erdbebensicherheit gefordert. Gleichzeitig ist auch der zeitlich befristete Funktionserhalt bzw. die schnelle Wiederinbetriebnahme nach einem Erdbeben wichtig.

Die Schwingungen, die im Falle eines Erdbebens auftreten, liegen üblicherweise im Frequenzbereich von 0,3 Hz bis 50 Hz. Die Belastungen, die dadurch auf eine Schaltanlage wirken, können sowohl zu Funktionsstörungen als auch zu strukturellen Schäden an der Gesamtanlage führen. Funktionsstörungen lassen sich mit geringem Aufwand beheben, so dass eine Schaltanlage nach einem Erdbeben relativ schnell wieder in Betrieb gehen kann. Ein typisches Beispiel hierfür ist ein sich lösender Kontakt oder ein temporärer Kurzschluss, der durch die vorhandenen Sicherungseinrichtungen unterbrochen wird.

Weitergehende Schäden können beispielsweise das Lösen der Komponenten von einer Tragschiene oder der Montageplatte im Schaltschrank sein. Schwerere Schäden an der Schaltanlage führen in der Regel zu einer länger andauernden Unterbrechung der Energieversorgung. Diese entstehen, wenn sich ein Schaltschrank durch das Erdbeben bewegt, ggf. aus einer Verankerung löst oder sogar umfällt.

Auch strukturelle Schäden am Schaltschrank zählen in diese Kategorie. In allen Fällen sind Gehäuse, beispielsweise Schaltschränke, von entscheidender Bedeutung, denn wenn der Schaltschrank dem Erdbeben nicht standhält, fällt die Gesamtanlage auf jeden Fall aus. Daher ist die Erdbebensicherheit von Gehäusen ein wichtiger Punkt in allen maßgeblichen Normen. Sie kann jedoch nie alleine gesehen werden, sondern sowohl das umgebende Gebäude, als auch die eingebauten Komponenten müssen den jeweiligen Anforderungen entsprechen. So ist es nicht ausreichend, nur einen geeigneten Schaltschrank zu verwenden, wenn

auch ein Funktionserhalt nach oder sogar während eines Erdbebens gefordert ist. Hierzu müssen auch die eingebauten Komponenten den Anforderungen der jeweiligen Norm entsprechen, und die Funktion des Gesamtsystems in einem Test nachgewiesen werden.

5 Übersicht über die Normenlage

Die Erdbebensicherheit ist in verschiedenen Bereichen von Bedeutung. Dementsprechend kommen je nach technischer Fachrichtung unterschiedliche Normen zur Anwendung. Grob untergliedern lassen sich die Normen in die Fachrichtungen Bauingenieurwesen, IT und Telekommunikation sowie Elektrotechnik. Zusätzlich unterscheiden sich die anzuwendenden Normen je nach geografischem Zielmarkt. Normen aus dem Baubereich spielen für die Errichtung von erdbebensicheren elektrischen Schaltanlagen kaum eine Rolle und werden daher hier nicht detailliert betrachtet. Da elektrische Anlagen aber überwiegend in Gebäuden installiert sind, haben auch diese Normen teilweise einen Einfluss. Häufig liegt bei Normen im Baubereich der Schwerpunkt auf der Befestigung des Schaltschranks am Boden. Für einen Nachweis der Bodenbefestigung sind jedoch Kenntnisse der Beschaffenheit des Aufstellungsortes notwendig. Der Nachweis erfolgt daher durch einen Bausachverständigen. Einige der Normen in den Bereichen Elektrotechnik sowie IT und Telekommunikation haben als Ausgangspunkt eine Baunorm, übersetzen diese allerdings in konkrete Anforderungen an die entsprechende Ausrüstung. Gebäude können die Wirkung eines Erdbebens durchaus verstärken, so dass die Amplituden und Beschleunigungen, die durch ein Erdbeben auf eine elektrische Anlage wirken, eventuell höher sein können.

Für Schaltanlagen und andere Infrastrukturen der Elektro- und Informationstechnik sind vor allem drei Normen von Interesse: Die DIN EN/IEC 60068-3-3, die IEEE 693 und die Telcordia GR-63-CORE. Andere Normen beispielsweise aus dem Baubereich sind für den Schaltanlagenbau in der Regel nicht von Interesse. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Baustatiker für die Einhaltung dieser Normen sorgen. Lediglich die Schnittstelle zwischen Bau und Elektrotechnik – also die Verbindung zwischen Baukörper und Gehäuse bzw. Schaltschrank – spielt eine gewisse Rolle. Dies führt dazu, dass in den verschiedenen Normen auch Verweise auf die jeweiligen Baunormen zu finden sind.

DIN EN/IEC 60068-3-3

Die IEC 60068-3-3, die in Deutschland und Europa als DIN EN 60068-3-3 [Beu93] identisch Gültigkeit hat, ist in erster Linie ein Leitfaden für die seismische Prüfung elektrischer Geräte. Die Norm unterscheidet zwischen einer allgemeinen und einer speziellen seismischen Klasse. Dabei ist die spezielle seismische Klasse anzuwenden, wenn Kenntnisse über die seismische Bewegung aufgrund der lokalen geografischen Lage oder des Gebäudes vorliegen, in denen das Gerät installiert werden soll.

IEEE 693

Mit dem Standard 693 [IEE05] gibt das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) eine Norm heraus, die Vorgaben bezüglich der Erdbebensicherheit von Schaltanlagen macht. Hierbei werden Prüfverfahren für komplette Schaltanlagen sowie für einzelne Komponenten wie beispielsweise Leistungsschalter definiert. Neben Prüfverfahren sind auch

Design-Richtlinien zum erdbebensicheren Aufbau von Schaltanlagen in der Norm enthalten. Diese betreffen zum Beispiel auch Gebäude, Fundamente und die Verankerung der Schaltschränke auf dem Boden. Dementsprechend sind auch hier Verweise auf Normen aus dem Baubereich enthalten.

Telcordia GR-63-CORE

Die ursprünglich von Bellcore – heute Telcordia – für die Telekommunikation entwickelte Generic Requirements GR-63-CORE [Tel02] ist zwar keine Norm im eigentlichen Sinne, gerade in den USA ist sie aber bei Ausschreibungen eine sehr verbreitete Anforderung. Die Grundidee ist hierbei, dass eine Anlage – etwa ein Rechenzentrum – eine sehr hohe statistische Verfügbarkeit aufweisen soll. Dazu sind unterschiedlichste Kriterien für die Widerstandsfähigkeit beispielsweise gegenüber Feuchtigkeit, Feuer, Schadstoffen und auch Erdbeben enthalten. Sie bezieht sich auf die Zoneneinteilung der USA (Zone 0 bis Zone 4), wobei Zone 0 für ein sehr geringes Risiko und Zone 4 für ein hohes Erdbebenrisiko steht (siehe Tab. 3). Um die hohe Verfügbarkeit einer Anlage zu gewährleisten, sind die Anforderungen in Zone 4 entsprechend höher als in Zone 0. Diese Anforderungen sind sehr hoch, und finden sich daher auch in anderen Normen (z. B. IEC 60068-3-3, DIN EN 61587-5 (RRS für einachsige Beschleunigung), ETSI EN 300019-1-3).

6 Typische Prüfverfahren

Um in erdbebengefährdeten Bereichen Anlagen auszulegen, gibt es grundsätzlich zwei Wege. Der erste Weg wäre es, die komplette Anlage mit der gewünschten Konfiguration – also inklusive aller im Schrank verbauter Komponenten – in einem hierfür geeigneten Labor prüfen zu lassen. Dieser Weg ist sehr kosten- und zeitaufwändig, und wird gemäß Erfahrungen von Rittal lediglich von einem sehr geringen Teil der Anwender verlangt. Als zweite Option setzt der Steuerungs- bzw. Schaltanlagenbauer Komponenten ein (inkl. Schrank), die eine prinzipielle Eignung für erdbebengefährdete Bereiche nachgewiesen haben. Rittal hat für diesen Nachweis seine Schränke der Bauarten TS 8 und VX25 exemplarisch in anerkannten Laboren testen lassen. Die Schränke werden für diesen Nachweis gemäß einem definierten Prüfverfahren auf eine prinzipielle Eignung für den Einsatz in erdbebengefährdeten Bereichen getestet. In den nachfolgenden Kapiteln wird ein typisches Prüfverfahren für die Erdbeben-tauglichkeit eines Schaltschranks im Detail beschrieben. Die große Mehrheit der Anwender wählt diesen wesentlich weniger aufwändigen Weg.

Um die Erdbebensicherheit eines Schaltschranks nachzuweisen sind in allen relevanten Normen Prüfungen mit einem Rütteltisch vorgeschrieben. Ziel ist es, die Auswirkungen eines Erdbebens – also Vibrationen bzw. Schockbelastungen – im Labor zu simulieren.

Dazu wird der Prüfling auf den Rütteltisch montiert, wo ein vorgegebenes Prüfprogramm absolviert werden muss. Dabei dürfen keine strukturellen Schäden an dem Prüfling auftreten. Das bedeutet, dass keine Last tragenden Teile beschädigt, gebrochen usw. sein dürfen. Außerdem dürfen sich keine wichtigen Verbindungen gelöst haben. Gleiches gilt üblicherweise auch für Schaltschranktüren, Scharniere und Verschlüsse. Zusätzlich gibt es auch funktionale Tests – das bedeutet, dass nach der Belastung überprüft wird, ob die Anlage noch Ihre Funktion erfüllt.

6.1 Unterschiedliche Frequenzspektren in den Normen

Die genauen Prüfvorschriften variieren von Norm zu Norm insbesondere in Bezug auf das genaue Frequenzspektrum und den zugehörigen Beschleunigungen. Beispielhaft soll hier das Prüfverfahren gemäß Telcordia GR-63-CORE dargestellt werden. Der Schaltschrank wird hierbei auf dem Rütteltisch montiert und mit Beschleunigungs- und Wegaufnehmern in der Mitte des Schaltschranks und am oberen Ende versehen. Während der Prüfung muss der Schaltschrank mit einer entsprechenden Last versehen werden, so dass er dem installierten Zustand entspricht. Anschließend werden die Prüfungen durchgeführt, indem ein bestimmtes Bewegungsprogramm absolviert wird, bei dem vorgegebene Beschleunigungswerte bei Frequenzen im Bereich von 1 Hz bis 50 Hz erreicht werden müssen (das sogenannte Required Response Spectrum (RRS)). Entscheidend ist dabei das ankommende Spektrum am Prüfling – das sogenannte Transmitted Response Spectrum (TRS) –, das vom Versuchsaufbau sowie von der Masse und der Geometrie des Prüflings abhängig ist. Die Auslenkun-

gen des Prüflings werden in der Mitte und am oberen Ende des Prüflings gemessen. Während der Prüfung darf diese Auslenkung nicht größer sein als 75 mm (3 Zoll).

Die oben beschriebenen Rütteltischprüfungen werden in allen drei Raumrichtungen durchgeführt. Bei der GR-63-CORE führt das vorgegebene RRS zu einer Prüfdauer von 31 Sekunden pro Raumrichtung. Die Belastungen, die während dieser Prüfungen auf den Schaltschrank wirken, entsprechen etwa denen eines Erdbebens einer Stärke von 8,3 auf der Momenten-Magnitudenskala.

6.2 Prüfspektren sehr ähnlich

Um die Anforderungen der Rütteltisch-Prüfungen aller drei relevanter Normen miteinander zu vergleichen, können die geforderten RRS in ein Beschleunigungs-Frequenz-Diagramm eingetragen werden (siehe Abb. 1). Man erkennt dabei, dass die Spektren der einzelnen Normen sich ähnlich sind, in den relevanten Bereichen jedoch unterschiedliche Beschleunigungswerte aufweisen. Außerdem wird deutlich, dass mit der Zertifizierung nach Zone 4 gemäß GR-63-CORE die Anforderungen der beiden anderen Normen fast vollständig abgedeckt sind. Für den neuen VX25 wurde das Prüfspektrum bewusst so angehoben, dass auf jeden Fall auch das RRS der IEEE 693 mit abgedeckt wird.

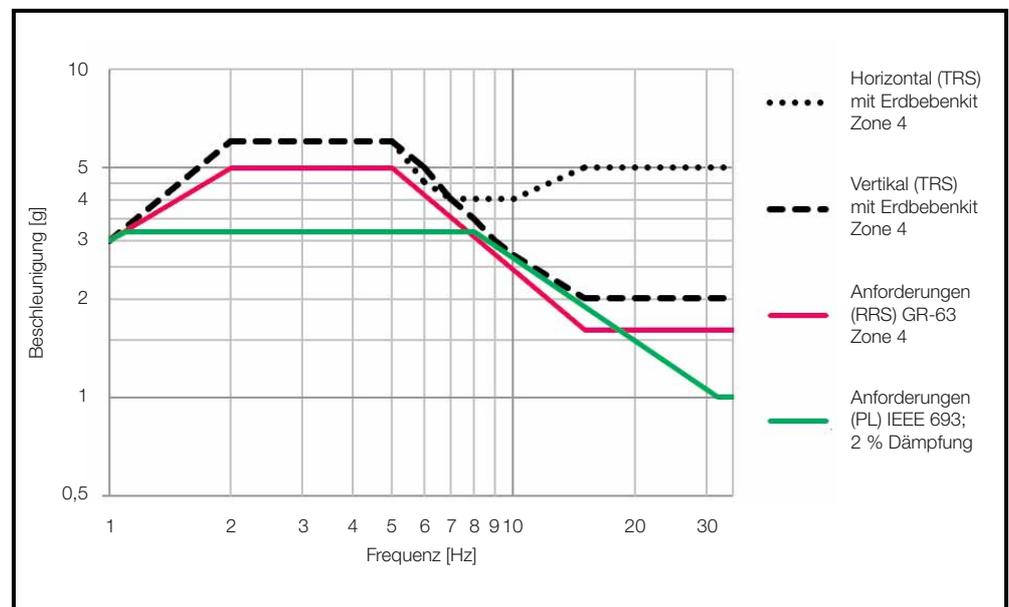


Abbildung 1: Beschleunigung-Frequenz-Diagramm

7 Schaltschrank mit Erdbebenausführung

Um mechanische Konstruktionen stabil aufzubauen, so dass sie auch Erschütterungen widerstehen können, hat sich bereits seit der Antike eine Methode bewährt: die Fachwerkbauweise. Diese Konstruktion besteht aus Stäben, die an den Endpunkten miteinander verbunden sind und Dreiecke bilden. Dadurch wirken auf die Stäbe fast ausschließlich Druck- oder Zugkräfte, was die Gesamtkonstruktion sehr belastbar macht und gleichzeitig das Gewicht reduziert. Dieses Konstruktionsprinzip wird zum Bau von Häusern, Brücken und anderen Tragwerken erfolgreich eingesetzt. Heute versucht man bei Gebäuden eine möglichst hohe Steifigkeit beispielsweise durch massive Betonstrukturen zu erreichen. Eine weitere Alternative, die vor allem bei Hochhäusern eingesetzt wird, ist der Einbau eines Pendels als aktives Element. Das Pendel wird durch die Bewegungen des Erdbebens zu Schwingungen angeregt und nimmt dabei die Energie fast vollständig auf, so dass keine Schäden an den Strukturen des Gebäudes entstehen. Eine dritte Möglichkeit besteht darin, das zu schützende Objekt vom Erdbeben zu entkoppeln. Dazu kann zum Beispiel ein Gebäude oder ein Ausrüstungsgegenstand auf überdimensionale Stoßdämpfer gestellt werden, die Erdbebenstöße abfedern und dämpfen. Dafür ist jedoch erforderlich, dass das zu dämpfende Gewicht genau bekannt ist, und es muss genügend Feder-/Dämpfungsweg zur Verfügung stehen.

Das Fachwerkprinzip verwendet auch Rittal, um seine Großschränke vom Typ VX25 und TS 8 (siehe Abb. 2 und 3) erdbebensicher zu machen. Die robusten Schaltschränke zeichnen sich vor allen durch Flexibilität und Effizienz sowie ihre hohe Qualität aus. Mit einem optional erhältlichen Erdbeben-Erweiterungszubehör lässt sich die Konstruktion des Schaltschrankrahmens so weit versteifen, dass beide Schranktypen auch die hohen Anforderungen der Zone 4 nach GR-63-CORE erfüllen. Das sogenannte Erdbebenkit besteht aus Streben, die in den Seiten des Schaltschrankrahmens verschraubt werden und so die Steifigkeit entscheidend erhöhen. Knotenbleche in den Winkeln des Rahmens erhöhen die Stabilität zusätzlich. Die Montageplatte wird außerdem mit den Streben verschraubt. Wo beim TS 8 noch die Montageplatte durch horizontale Winkel versteift wurde, entfällt dies beim VX25. Da Schraubenköpfe auf der Montageplatte beim VX25 entfallen, müssen diese während der Planung bei der Platzierung elektrischer Komponenten nicht mehr berücksichtigt werden. Dadurch ist die nutzbare Fläche der Montageplatte größer. Zudem ist ein stabilerer Sockel erhältlich, mit dem der Schaltschrank erdbebensicher am Boden befestigt werden kann.

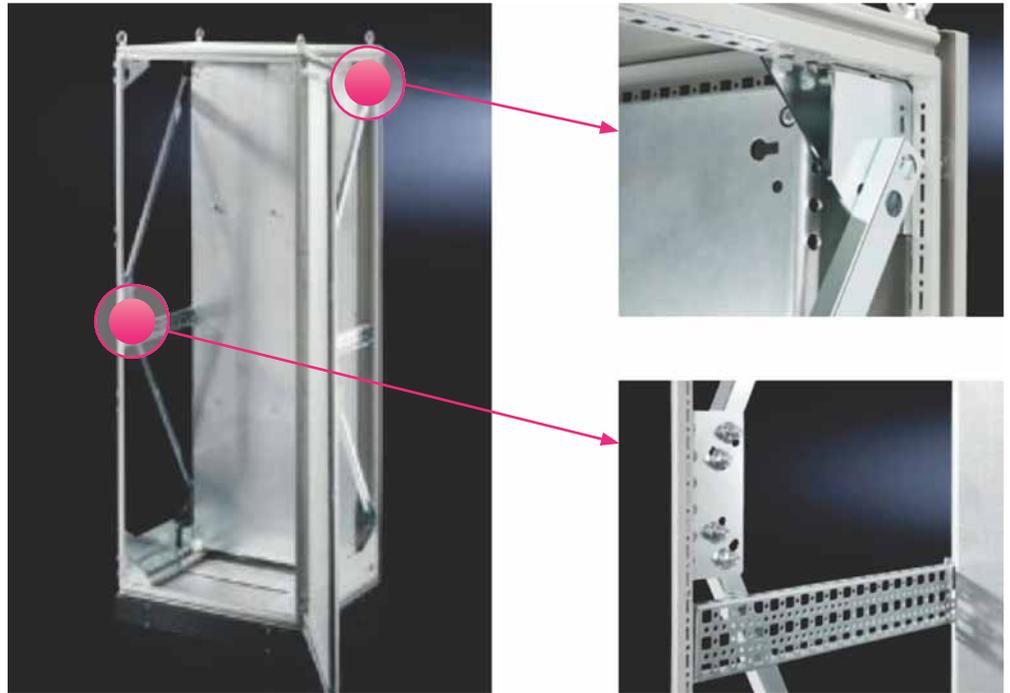


Abbildung 2: Erdbebenerweiterungszubehör für den Großschrank TS 8

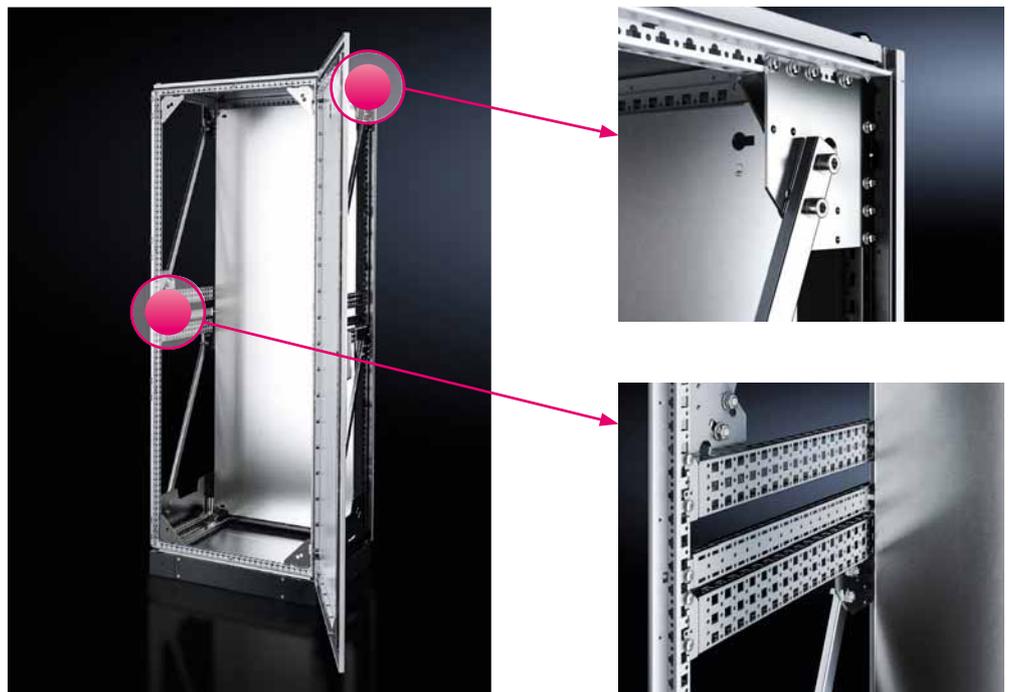


Abbildung 3: Erdbebenerweiterungszubehör für den Großschrank VX25

Um die Konformität mit GR-63-CORE Zone 4 nachzuweisen, wurden die Großschränke TS 8 und VX25 durch unabhängige Institute getestet. Dabei wurde die Zone-4-Zertifizierung mit Einbauten mit einem Gewicht von 500 kg auf der Montageplatte mit Seitenwänden und dem speziellen Erdbeben-Erweiterungszubehör (bestehend aus Erdbebenkit, Erdbebensokkel und Komfortgriff) erreicht. Außerdem wurde zertifiziert, dass Konfigurationen ohne besonderes Zubehör mit geringeren Gewichten die Anforderungen der niedrigeren Zonen bestehen (siehe nachfolgende Tabellen).

Die Tests wurden beim TS 8 durch die lange Historie mit verschiedenen Abmessungen durchgeführt. Durch den Test dieser unterschiedlichen Varianten – unterstützt durch Tests kundenspezifischer Varianten – kann aber von einer prinzipiellen Fähigkeit der Konstruktionssystematik ausgegangen werden. Das bedeutet, dass nicht nur TS 8 Schränke erdbebentauglich sind, die andere Abmessungen aufweisen, sondern auch der VX25 eine vergleichbare Erdbebentauglichkeit aufweist.

Zu beachtende Randbedingungen sind:

- Die Norm bzw. das Frequenzspektrum müssen vergleichbar sein (vgl. siehe Abb. 1)
- Gleichmäßige Gewichtsverteilung
- Eingebaute Masse gleich oder geringer als in den getesteten Varianten
- Grundfläche gleich oder größer der getesteten Varianten
(größere Grundfläche verbessert Hebelverhältnis)
- Höhe nicht über 2.000 mm (bzw. Schwerpunkt nicht über 1.000 mm,
750 mm bei VX25 185 kg/Zone 2.)

Ist die Anreihung von Schränken erlaubt? Die Aufstellung eines Einzelschranks kann als „worst case“ angesehen werden, sodass eine Anreihung von Schränken zugelassen ist. Im Gegenteil verbessert sich die Situation in diesem Fall, da zwei miteinander verbundene Vertikalprofile steifer sind als zwei allein stehende Vertikalprofile.

Getestete Varianten TS 8

Best.-Nr.	Abmessungen (B x H x T) mm	Maßnahmen	Getestetes Einbaugewicht kg	Norm, Level
8806.500	800 x 2.000 x 600	Standard	152	Telcordia GR-63-Core, Zone 3
8806.500	800 x 2.000 x 600	Komfortgriff, Erdbebenkit, Erdbebensockel	500	Telcordia GR-63-Core, Zone 4
8604.500	600 x 2.000 x 400	Komfortgriff, Erdbebenkit, Erdbebensockel	500	Telcordia GR-63-Core, Zone 4
8606.500	600 x 2.000 x 600	Komfortgriff, Erdbebenkit, Erdbebensockel	500	Telcordia GR-63-Core, Zone 4

Tabelle 4: Übersicht TS 8

Getestete Varianten VX25

Best.-Nr.	Abmessungen (B x H x T) mm	Maßnahmen	Getestetes Einbaugewicht kg	Norm, Level
8806.000	800 x 2000 x 600	Seitenwände, Sockel	185	Telcordia GR-63-Core, Zone 2 (2 g Peak zwischen 1–5Hz)
8806.000	800 x 2000 x 600	Seitenwände, Komfortgriff, Erdbebensockel	150	Telcordia GR-63-Core, Zone 3 (3 g Peak zwischen 2–5Hz)
8806.000	800 x 2000 x 600	Seitenwände, Komfortgriff, Erdbebensockel, Erdbeben-Kit	500	Telcordia GR-63-Core, Zone 4 (5 g Peak zwischen 2–5Hz)

Tabelle 5: Übersicht VX25

Rittal steht auch hier beratend zur Seite und kann in Grenzbereichen gemeinsam mit Kunden eine qualifizierte Lösung erarbeiten.

Zusätzlicher Hinweis: Bolzen für Sockel

Abweichend von den Werten im Handbuch für den standardmäßigen Gebrauch werden Schrank und Sockelsystem durch 8 M12 Schrauben (jeweils zwei an den Ecken) mit einem Anzugsdrehmoment von 45 Nm verschraubt.

8 Konkretes Vorgehen

Auch wenn nun einige Informationen über Erdbeben, mögliche Schäden und die Normenlage vorliegen, bleibt immer noch die Frage: Wie geht man mit einer konkreten Anfrage nach einer erdbebensicheren Schaltanlage um? Zunächst sollte die geografische Lage geklärt werden, also in welchem Land und in welcher Erdbebenzone sich die Schaltanlage befinden wird. Anschließend muss die der Anforderung zu Grunde liegende Norm ermittelt werden. Alle Anforderungen, die sich auf Gebäude oder Befestigung der Schaltanlage innerhalb des Gebäudes beziehen, sind durch die Verantwortlichen für den Bau und die Baustatik zu berücksichtigen. Wenn keine Anwendungsnorm für den Schaltschrank vorliegt, sondern nur die Baunorm oder Bauverordnung, kann behelfsweise die Bodenbeschleunigung der vorliegenden Norm mit den Zonenwerten der USA aus Tabelle 3 verglichen werden. Wenn dort z. B. eine Bodenbeschleunigung von 0,1 g gefordert ist, würde dies innerhalb der Anforderungen der Telcordia Zone 2 liegen. Eine für diese Zone freigegebene Schrankkonfiguration könnte auch als geeignet für die eigene Anforderung eingestuft werden.

Bei den Anwendungsnormen, die oben exemplarisch aufgeführt sind, muss die Unterscheidung zwischen struktureller Integrität und Funktionserhalt gemacht werden. Ist nur die strukturelle Integrität gefordert, reicht es in der Regel aus, lediglich ein zertifiziertes Gehäuse zu verwenden, wie den im vorangegangenen Abschnitt gezeigten Schaltschrank TS 8 mit dem entsprechenden Erdbeben-Zubehör.

Der Funktionserhalt einer Anlage, wie sie manchmal ebenfalls gefordert wird, kann durch das Gehäuse oder den Schaltschrank natürlich nicht garantiert werden. Hierfür sind ausführliche Prüfungen notwendig. Vorbereitend können per FEM (Finite-Elemente-Methode) Strukturberechnungen durchgeführt werden. Dabei ist es wichtig, dass die Schaltanlage mit den tatsächlich verwendeten Einbauten geprüft wird. Die Verteilung der eingebauten Komponenten und deren Gewicht können einen Einfluss auf das Schwingungsverhalten des Schaltschranks haben. Auch die Art des Einbaus – zum Beispiel auf Montageplatten, auf Hut-schienen oder auf Sammelschienensystemen – kann das Verhalten beeinflussen. Für diese Anforderung wird daher empfohlen, erdbebensichere Schränke für den speziellen Einzelfall, das heißt mit den tatsächlichen Einbauten, zu testen.

9 Zusammenfassung

Erdbeben sind je nach geografischer Lage eine sehr ernste Gefahr für Menschen und Sachwerte. Elektrische Schaltanlagen und Rechenzentren stellen nicht nur sehr hohe Sachwerte dar, sondern sind auch durch ihre zentrale Bedeutung in der technischen Infrastruktur besonders wichtig und sollten daher in durch Erdbeben bedrohten Gebieten erdbebensicher ausgelegt sein. Um den Funktionserhalt einer solchen Anlage im Falle eines Erdbebens zu gewährleisten, spielen die Gehäuse – in der Regel Schalt- und Serverschränke – eine zentrale Rolle. Denn wenn diese einen ernsthaften strukturellen Schaden nehmen, ist die Anlage auf keinen Fall mehr funktionsbereit.

Der Erdbebensicherheit von Gehäusen kommt daher eine große Bedeutung zu. Verschiedene Normen definieren die Bedingungen, die solche Gehäuse erfüllen müssen, um als erdbebensicher zu gelten. Je nach Anwendung und geografischem Markt sind dabei unterschiedliche Normen zu berücksichtigen. Auch wenn diese unterschiedliche Ansätze verfolgen, ähneln sie sich doch in einer wesentlichen Prüfung: der Vibrationsprüfung auf einem Rütteltisch, der die auftretenden Beschleunigungen durch ein Erdbeben simuliert. Das exakte Frequenz- und Beschleunigungsspektrum für die Rütteltisch-Prüfung variiert dabei jedoch teilweise.

Die Großschranksysteme VX25 und TS 8 von Rittal erfüllen maßgeschneidert die verschiedenen Erdbebennormen bis zur höchsten Anforderung der Zone 4.

10 Verzeichnis Abbildungen, Tabellen und Quellen

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Beschleunigung-Frequenz-Diagramm	15
Abbildung 2: Erdbebenerweiterungszubehör für den TS 8	17
Abbildung 3: Erdbebenerweiterungszubehör für den Großschrank VX25	17

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Todesopfer bei Naturkatastrophen 1980 bis 2013	4
Tabelle 2: Mercalliskala im Vergleich zur japanischen JMA Skala	7
Tabelle 3: Bodenbeschleunigungen in Europa und USA.	9
Tabelle 4: Übersicht TS 8.	19
Tabelle 5: Übersicht VX25	19

Verzeichnis der Quellen

[Mun14] Munich Re, NatCatSERVICE, 2014	4
[BEU93] DIN IEC 60068-3-3:1993-09 Umweltprüfungen; Seismische Prüfverfahren für Geräte, Beuth-Verlag	12
[IEE05] IEEE Standard 693 – IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations, 2005	12
[TEL02] Telcordia GR-63-CORE Issue 2, 2002	13

Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

- Schaltschränke
- Stromverteilung
- Klimatisierung
- IT-Infrastruktur
- Software & Service

Hier finden Sie die Kontaktdaten
zu allen Rittal Gesellschaften weltweit.



www.rittal.com/contact

RITTAL GmbH & Co. KG
Auf dem Stützelberg · D-35726 Herborn
Phone + 49(0)2772 505-0 · Fax + 49(0)2772 505-2319
E-Mail: info@rittal.de · www.rittal.de



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE

FRIEDHELM LOH GROUP