



Erdbebensicherheit von VX25 Schaltschrank- systemen

White Paper IE 7

Autoren: Hartmut Paul, Boggun Hoffmann



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE

FRIEDHELM LOH GROUP

Inhalt

1	Einführung	03
2	Intensitäten, Magnituden und Erdbebenzonen	05
3	Erdbebenschäden an der elektrischen Infrastruktur	08
4	Übersicht über die Normenlage	09
5	Typische Prüfverfahren	10
6	Schaltschrank mit Erdbebenausführung	12
7	Konkretes Vorgehen	15
8	Fazit	16
9	Anhang, Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Quellen	17

1 | Einführung

Naturgewalten bedrohen den Menschen seit jeher, fordern immer wieder zahlreiche Todesopfer und verursachen gewaltige Sachschäden. Erdbeben zählen immer noch zu den Naturkatastrophen, die schwer vorherzusagen sind. Unter anderem ist dies ein Grund dafür, dass unter den dreizehn Naturkatastrophen (siehe Tab. 1) mit den meisten Todesopfern im Zeitraum von 1990 bis 2023 mehr als acht Erdbeben zu finden sind [Mun24].

Datum	Ereignis	Magnitudo	Region	Todesopfer
12.01.2010	Erdbeben	7,0	Haiti	222.570
26.12.2004	Erdbeben, Tsunami	9,1	Sri Lanka, Indonesien, Thailand, Indien, Bangladesch, Myanmar, Malediven, Malaysia	220.000
02.05.– 05.05.2008	Zyklon Nargis, Sturmflut	–	Myanmar	140.000
29.04.– 30.04.1991	Tropischer Zyklon, Sturmflut	–	Bangladesch	139.000
08.10.2005	Erdbeben	7,8	Pakistan, Indien, Afghanistan	88.000
12.05.2008	Erdbeben	5,8	China	84.000
Juli/August 2003	Hitzewelle	–	Europa	70.000
Februar 2023	Erdbeben	7,8	Türkei	60.000
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
25.04.2015	Erdbeben	7,8	Nepal	9.000

Tabelle 1: Todesopfer bei Naturkatastrophen 1990 bis 2023

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, sodass



sehr große Spannungen entstehen. Entladen sich diese Spannungen dann ruckartig, 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 Verkehrsinfrastrukturen, 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 Verkehrsinfrastrukturen heranreichen. Dies hat oft zur Folge, dass in der Phase nach dem Erdbeben eine mangelnde Versorgung mit Elektrizität, Trinkwasser und Gas eintritt – gerade dann, wenn sie für schnelle Hilfe dringend benötigt wird.

Um die oben beschriebenen Schäden bei einem Erdbeben zu vermeiden, sollten Gebäude, Verkehrsinfrastruktur und technische Infrastruktur in durch Erdbeben gefährdeten Gebieten nach Möglichkeit „erdbebensicher“ ausgelegt sein. Die zu ergreifenden Maßnahmen sind aber je nach Bereich (Gebäude, technische Infrastruktur) und lokalen Erdbebenrisiken sehr unterschiedlich. Was der Begriff „erdbebensicher“ speziell im Bereich der elektrischen Infrastruktur im Einzelnen beinhaltet, soll in dem vorliegenden White Paper umrissen werden:

Technische Anlagen müssen in erdbebengefährdeten Gebieten erdbebensicher gestaltet werden, um die Sicherheit von Menschen zu gewährleisten sowie Schäden und Ausfälle zu minimieren.



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.



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, wurden 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 potenziellen Schäden.



Welche Normen gelten?

Es gibt eine Reihe von Normen und Vorschriften zum Thema Erdbebensicherheit. Oft steht die Sicherheit von Gebäuden im Vordergrund, die – je nach Fachgebiet, z. B. Bauingenieurwesen, Elektrotechnik oder Informationstechnik – teilweise sehr unterschiedliche Ansätze haben. In dem vorliegenden White Paper wird eine Übersicht der verschiedenen Normen gegeben, die einen Bezug zur elektrischen Infrastruktur haben.

2 | 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 ein Erdbeben durch entsprechende Amplituden und Frequenzen an der Erd-

oberfläche. 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 Magnituden-Skalen.

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				
		> 432	0,5–1	vernichtend	X
			1–2	Katastrophe	XI
			> 2	große Katastrophe	XII

Tabelle 2: Mercalliskala im Vergleich zur japanischen JMA-Skala

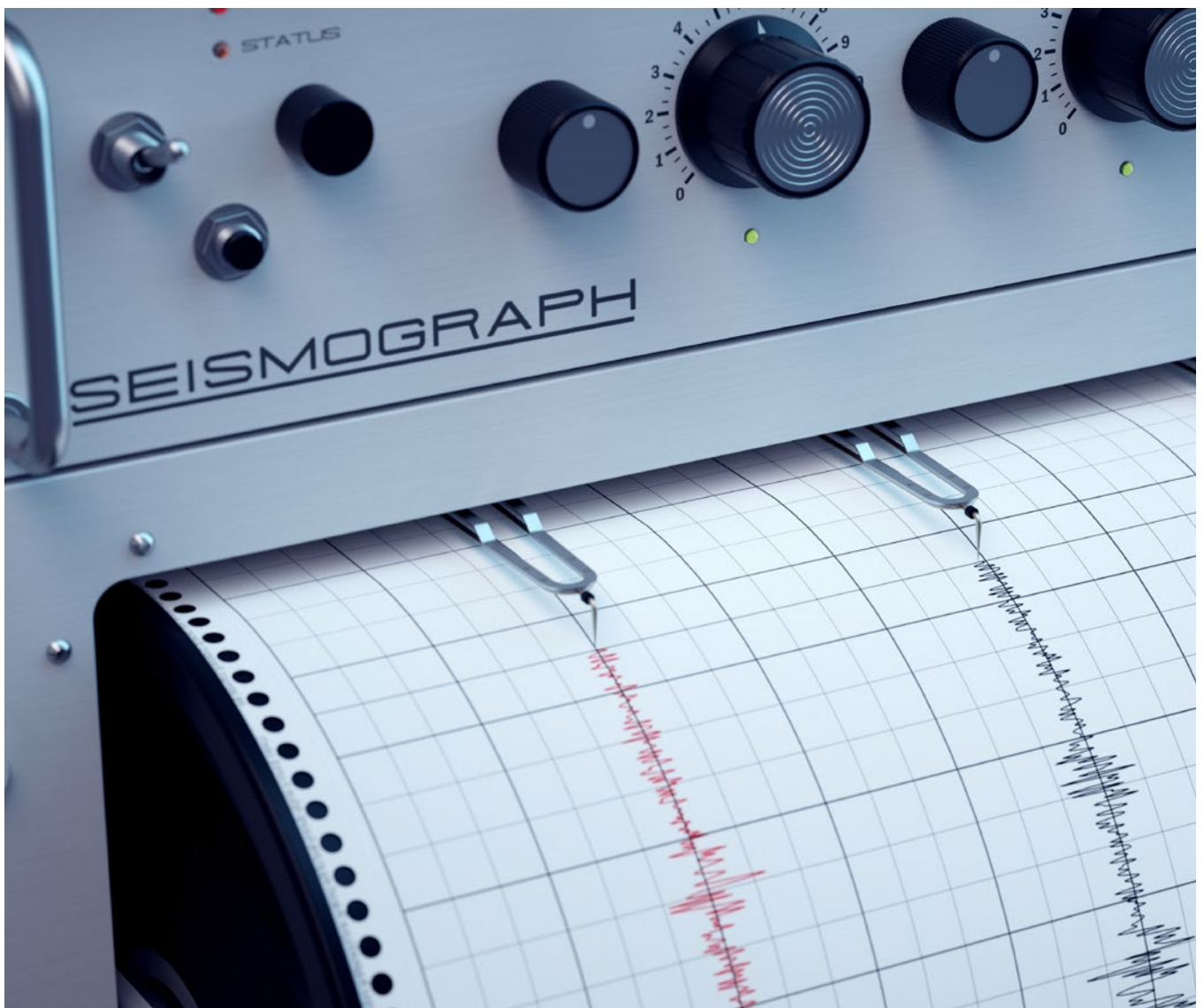
Hinweis:

Die seismische Intensität wird nicht ausschließlich basierend auf der Bodenbeschleunigung reguliert, Diese Tabelle ist lediglich eine Referenz.

Magnituden-Skalen

Magnituden-Skalen beruhen auf Messungen durch Seismometer, die lokale Schwingungen der Erdoberfläche in Form von Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Auslenkungen messen. Anhand dieser Messungen lässt sich die Stärke des Erdbebens berechnen. Die bekannteste Magnituden-Skala ist die sogenannte Richterskala, die in den 1930er-Jahren entwickelt wurde und auch heute noch häufig im 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 Magnituden-Skala bezeichnet. Die Richterskala wurde auf Grundlage von Messungen mit einem bestimmten Typ Seismometer definiert – in einer Entfernung von 100 Kilometern zum Epizentrum.

Da Charles F. Richter die Skala ursprünglich mit einem speziellen Seismometertyp für lokale Erdbeben in Kalifornien entwickelte und kalibrierte, ist sie streng genommen nur für diese Region geeignet und wird bei Magnituden über etwa 6,5 ungenau. Höhere Magnituden, die Medien häufig ebenfalls als Werte auf der „nach oben offenen Richterskala“ nennen, sind eigentlich Werte der Momenten-Magnituden-Skala, 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.



Erdbebenwahrscheinlichkeit und Erdbebenzonen für die Gefahrenabschätzung

Neben der Einstufung von Erdbeben nach ihrer Stärke – also Intensität oder Magnitude – spielt auch ein weiterer Aspekt eine wichtige Rolle: die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Erdbeben einer bestimmten Stärke auftritt. Um eine sinnvolle Gefährdungsabschätzung zu machen, sind sogenannte Erdbeben-Risikozonen definiert. UBC (Uniform Building Code) in den USA gibt beispielsweise fünf Erdbebenzonen vor. Zone 0 bedeutet, dass in dieser Zone starke Erdbeben praktisch auszuschließen sind; in Zone 4 sind Erdbeben auch mit größeren Magnituden wahrscheinlich. Typisches Beispiel für die Erdbebenzone 4 sind Teile des US-Bundesstaats Kalifornien. Die Anforderungen nach Erdbebensicherheit für IT- und Telekommunikations-Installationen aber auch für elektrische Infrastruktureinrichtungen legen häufig diese

Erdbebenzonen zu Grunde. Die Zoneneinteilung und die Kriterien dazu sind jedoch von Land zu Land unterschiedlich: In einigen europäischen Ländern – darunter auch Deutschland – erfolgt die Einteilung in die Zonen 0 bis 3, wobei dabei andere Zahlenwerte verwendet werden als in den USA (siehe Tab. 3). Vergleichbarkeit und Verwendbarkeit gleicher Zonenbegriffe der nationalen Normen sind also nicht ohne Weiteres gegeben. In Regionen mit hohem Erdbebenrisiko müssen entsprechende Schutzmaßnahmen getroffen werden – meist verbunden mit zusätzlichen Kosten. Deshalb sind bei internationaler Anwendung besondere Vorsicht und ein grundlegendes Verständnis unbedingt erforderlich.

Land	AT	DE	CH	FR	IT*	GR	USA
Norm	ÖN 1998-1	DIN EN 1998-1	SIA 261	NF EN 1998-1	OPCM 28	Gna 1998-1	1997 UBC
Zone 0	$a < 0,035g$	0,0g					0,0g
Zone 1	$0,035g < a < 0,05g$	0,04g	0,06g	$a < 0,07g$	$a < 0,05g$	$a < 0,16g$	0,075g
Zone 2	$0,05g < a < 0,075g$	0,06g	0,1g	$0,07g < a < 0,11g$	$0,05g < a < 0,15g$	$0,16g < a < 0,24g$	0,15g
Zone 3	$0,075g < a < 0,1g$	0,08g	0,13g	$0,11g < a < 0,16g$	$0,15g < a < 0,25g$	$0,24g < a < 0,36g$	0,3g
Zone 4	$0,1g < a$		0,16g	$0,16g < a < 0,3g$	$0,25g < a < 0,3g$		0,4g

* für Italien ist die Reihenfolge der Zonen umgekehrt.

Tabelle 3: Bodenbeschleunigungen in Europa und USA

In letzter Zeit ist – unter anderem wegen der genannten Schwierigkeiten – zu beobachten, dass viele lokale Erdbebennormen nicht mehr mit festen Erdbebenzonen arbeiten, sondern stattdessen allgemein vergleichbare Werte wie die Spitzen-Bodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration,

PGA) verwenden. Diese müssen aber im konkreten Anwendungsfall mit ort- und projektspezifischen Bedingungen verknüpft werden. Manche Normen verweisen auf ihre nationale Internet-Plattformen, wo alle erforderliche Werte auf der Karte zu finden sind.

3 | Erdbebenschäden an der elektrischen Infrastruktur

Wie bereits oben erwähnt, steht im Zusammenhang mit Erdbebensicherheit vieler Normen häufig die Sicherheit von Gebäuden im Vordergrund. Das ist nachvollziehbar, denn die meisten Todesopfer bei Erdbeben sind in der Regel auf Gebäudeschäden zurückzuführen – und auch die größten Sachschäden entstehen meist in diesem Bereich. 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.

Um die Erdbebensicherheit elektrischer Installationen beurteilen zu können, braucht man zunächst einen Überblick über ihre Lage und die möglichen Belastungen. Dabei sind auch die Folgeschäden, die durch den Ausfall einer elektrischen Anlage entstehen könnten, zu berücksichtigen. Je nach Gebäudetyp gelten für die technischen Anlagen oft strengere Anforderungen als für die tragenden Bauteile selbst. Es reicht also nicht aus, bei Erdbebenschäden nur die Sicherheit des Gebäudes zu betrachten – auch die technischen Anlagen sollten so ausgelegt sein, dass sie einem Erdbeben standhalten können.

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 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. Manche Funktionsstörungen lassen sich mit geringem Aufwand beheben, sodass eine Schaltanlage nach einem Erdbeben

schnell wieder in Betrieb genommen werden 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 zu dieser Kategorie. In jedem Fall spielen Gehäuse – wie etwa Schaltschränke – eine entscheidende Rolle. Hält der Schaltschrank einem Erdbeben nicht stand, fällt die gesamte Anlage unweigerlich aus. Die Erdbebensicherheit von Gehäusen ist zwar ein wichtiger Aspekt in allen relevanten Normen, darf aber nicht isoliert betrachtet werden. Auch das umgebende Gebäude und die eingebauten Komponenten müssen den jeweiligen Anforderungen genügen. So ist es nicht ausreichend, nur einen geeigneten Schaltschrank zu verwenden, wenn 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.

Bis zu 
50 Hz
können die **Schwingungen**
im Falle eines Erdbebens betragen.

4 | Übersicht über die Normenlage

Erdbebensicherheit erfordert in verschiedenen Fachrichtungen und geografischen Märkten unterschiedliche Normen.

Die Erdbebensicherheit ist in verschiedenen Bereichen von Bedeutung. Dementsprechend gelten je nach technischer Fachrichtung unterschiedliche Normen. Die Normen lassen sich grob in die Bereiche Bauingenieurwesen, IT und Telekommunikation sowie Elektrotechnik unterteilen. Zusätzlich unterscheiden sich die anzuwendenden Normen je nach geografischem Zielmarkt.

Da elektrische Anlagen meist in Gebäuden installiert werden, haben bautechnische Normen zwar keinen direkten, aber durchaus einen indirekten Einfluss. Bei Normen im Baubereich liegt der Fokus häufig auf der Bodenbefestigung des Schaltschranks. Für einen Nachweis der Bodenbefestigung sind jedoch Kenntnisse der Beschaffenheit des Aufstellungsortes notwendig. Der Nachweis erfolgt daher durch einen Bausachverständigen.

Einige Normen aus der Elektrotechnik sowie der IT- und Telekommunikation basieren auf Baunormen, übertragen diese jedoch in konkrete Anforderungen an die jeweilige technische Ausrüstung. Gebäude können die Wirkung eines Erdbebens durchaus verstärken, sodass die Amplituden und Beschleunigungen, die durch ein Erdbeben auf eine elektrische Anlage wirken, eventuell höher sind.

Für Schaltanlagen und andere Infrastrukturen der Elektro- und Informationstechnik sind vor allem drei Normen wichtig: 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 nicht von Interesse, auch wenn sie allgemein geläufiger sind. 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, in Europa als DIN EN 60068-3-3 [Beu93] bekannt, ist vor allem ein Leitfaden zur seismischen Prüfung elektrischer Geräte. Die Norm unterscheidet zwischen einer allgemeinen und einer speziellen seismischen Klasse. Die spezielle seismische Klasse ist anzuwenden, wenn Informationen über seismische Bewegungen vorliegen – etwa aufgrund der geografischen Lage oder der Eigenschaften des Gebäudes, in dem 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 sowie für einzelne Komponenten macht. Neben Prüfverfahren sind auch Design-Richtlinien zum erdbebensicheren Aufbau von Schaltanlagen in der Norm enthalten. Diese betreffen zum Beispiel auch Gebäude, Fundamente und die Bodenverankerung der Schaltschränke. 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 diese Anforderungen 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).

5 | Typische Prüfverfahren

Um Anlagen in erdbebengefährdeten Regionen auszulegen, gibt es grundsätzlich zwei Ansätze:

Der erste Ansatz besteht darin, die komplette Anlage in der gewünschten Konfiguration – also inklusive aller im Schaltschrank verbauten Komponenten – in einem dafür geeigneten Prüflabor testen zu lassen. Dieser Weg ist jedoch sehr zeit- und kostenintensiv und wird laut Erfahrungen von Rittal nur von wenigen Anwendern gewählt.

Die zweite Möglichkeit ist, dass der Steuerungs- bzw. Schaltanlagenbauer auf Komponenten (einschließlich des Schrankes) zurückgreift, deren grundsätzliche Eignung für den Einsatz in erdbebengefährdeten Bereichen bereits nachgewiesen wurde.

Rittal hat für diesen Nachweis seine Schränke der Bauarten 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 Erdbebentauglichkeit 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.

Für die Prüfung wird der Schaltschrank auf einem Rütteltisch befestigt und einem definierten Testprogramm unterzogen. Dabei dürfen keine strukturellen Schäden an dem Schaltschrank auftreten. Das bedeutet, dass keine Lasttragenden Teile beschädigt oder gebrochen sein dürfen.

Außerdem dürfen sich keine wichtigen Verbindungen gelöst haben. Gleiches gilt üblicherweise auch für Schaltschranktüren, Scharniere und Verschlüsse. Zusätzlich werden auch Funktionstests durchgeführt – das heißt, nach der Belastung wird geprüft, ob die Anlage weiterhin ordnungsgemäß funktioniert.

Erdbebensicherheit erfordert in verschiedenen Fachrichtungen und geografischen Märkten unterschiedliche Normen.

Unterschiedliche Frequenzspektren in den Normen

Die genauen Prüfvorschriften variieren von Norm zu Norm insbesondere in Bezug auf das genaue Frequenzspektrum und den zugehörigen Beschleunigungen. Beispielfhaft 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, sodass 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 das Spektrum, das am Prüfling ankommt – das sogenannte Transmitted Response Spectrum (TRS). Es wird vom Versuchsaufbau sowie von der Masse und Geometrie des Prüflings beeinflusst. Die Auslenkungen 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-Magnituden-Skala.

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 erfüllt werden. Um mehr Anforderungen zu erfüllen, hob Rittal für das VX25 System das Prüfspektrum bewusst an, sodass auf jeden Fall auch das RRS der IEEE 693 mit abgedeckt wird (siehe Abb. 1, Horizontal (TRS) bzw. Vertikal (TRS) mit Erdbebenkit Zone 4).

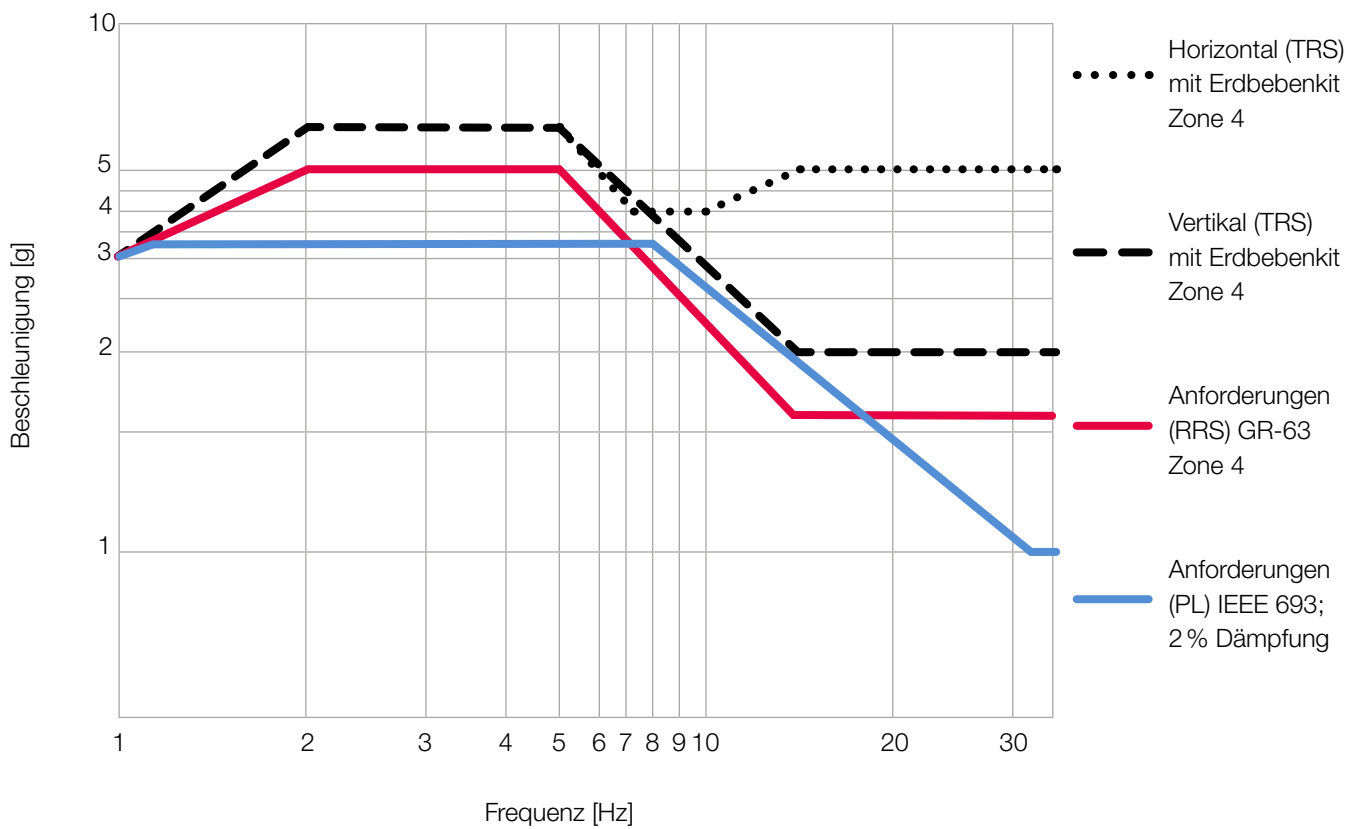
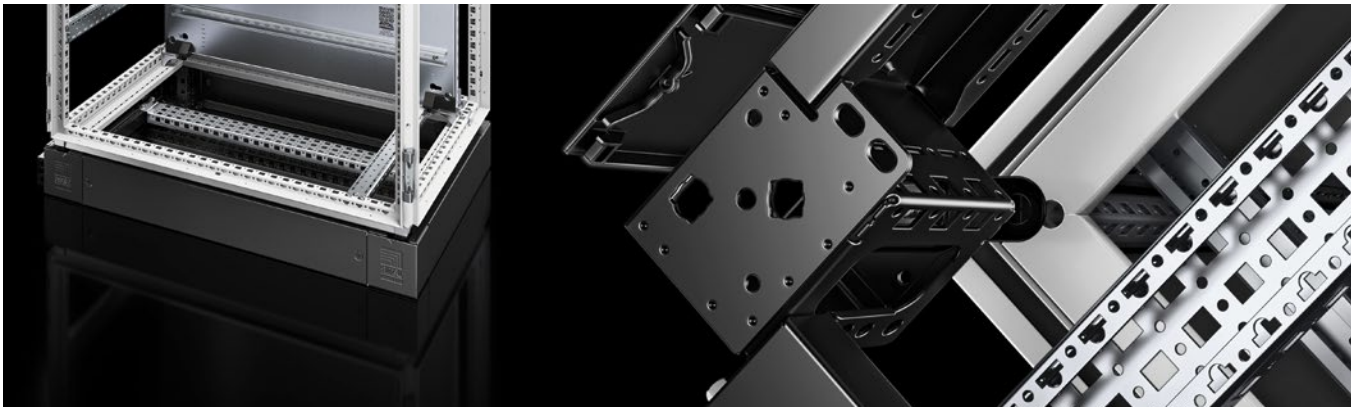


Abbildung 1: Beschleunigungs-Frequenz-Diagramm



6 | Schaltschrank mit Erdbebenausführung

Schon seit der Antike hat sich eine Methode bewährt, um mechanische Konstruktionen stabil und erschütterungsfest zu bauen: 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 Möglichkeit, 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, sodass 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 entsprechende 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 (siehe Abb. 2) erdbebensicher zu machen. Die robusten Schaltschränke zeichnen sich vor allem 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 sie auch die hohen Anforderungen der Zone 4 nach GR-63-CORE erfüllt. Das sogenannte Erdbeben-Kit 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. Zudem ist ein Erdbebensockel erhältlich, mit dem der Schaltschrank selbst bei höherer Anforderung stabil am Boden befestigt werden kann.

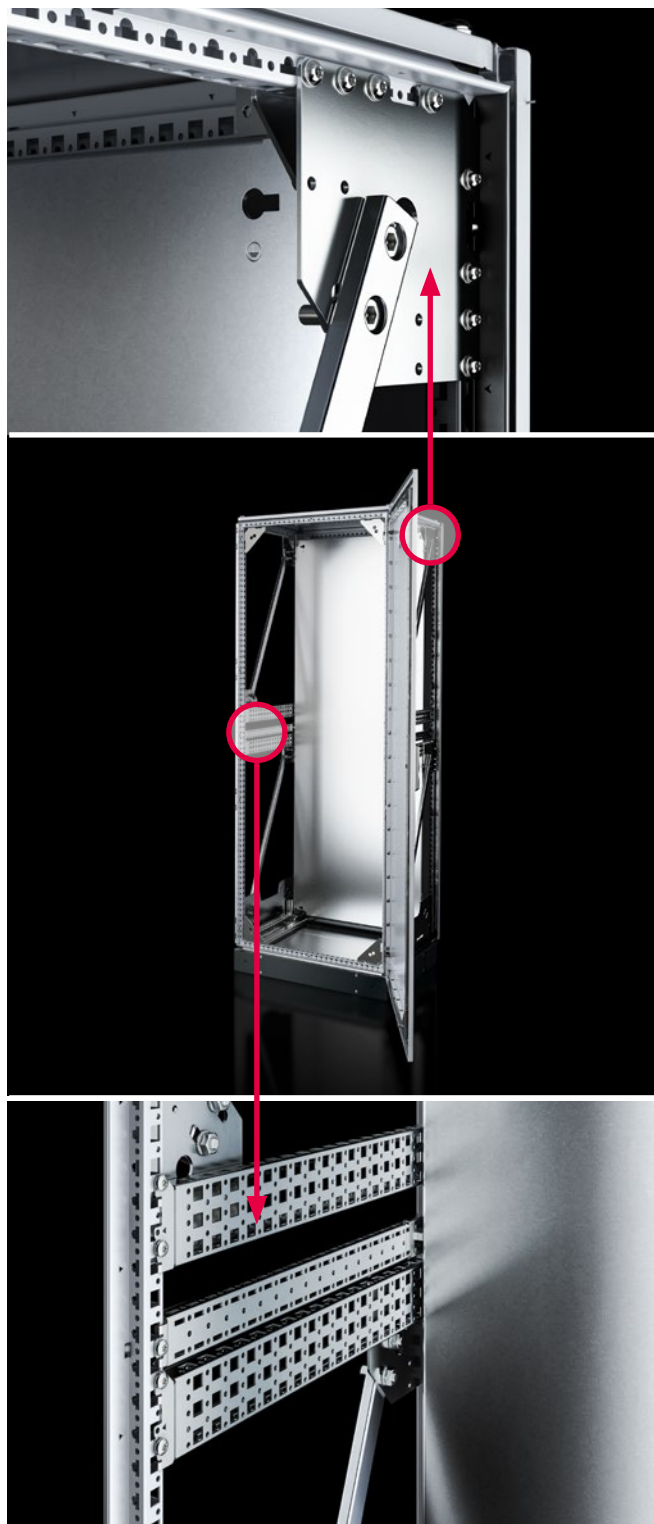


Abbildung 2: Erdbebenerweiterungszubehör für den Großschrank VX25



Mit dem Erdbeben-Kit erfüllt der VX25 die hohen Anforderungen der Zone 4 nach GR-63-CORE.

Um die Konformität mit GR-63-CORE Zone 4 nachzuweisen, wurde der Großschrank VX25 durch unabhängige Institute getestet. Für die Zone-4-Zertifizierung kamen Einbauten mit 500 kg Gewicht auf einer Montageplatte mit Seitenwänden und speziellem Erdbebenzubehör (Erdbebenkit, -sockel und Komfortgriff) zum Einsatz. Außerdem wurde zertifiziert, dass Konfigurationen ohne besonderes Zubehör mit geringeren Gewichten die Anforderungen der niedrigeren Zonen bestehen (siehe nachfolgende Tabellen).

Auf Basis der langjährigen Erfahrung von Rittal im Großschrankbereich kann beim VX25 grundsätzlich von einer geeigneten Konstruktionssystematik ausgegangen werden – vorausgesetzt, bestimmte Randbedingungen werden eingehalten:

- 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)

Da die Aufstellung eines Einzelschranks als ungünstigster Fall gilt, ist die Anreihung mehrerer Schränke zulässig. Durch die Verbindung der Vertikalprofile erhöht sich die Steifigkeit im Vergleich zu einzelnen Profilen.

Getestete Varianten VX25

Abmessungen (B x H x T) [mm]	Maßnahmen	Best.-Nr.	Getestetes Einbaugewicht [kg]	Norm, Level
800 x 2000 x 600	Standardschrank ° 4x mit 40 Nm zum Sockel innen verschraubt ° MPL verschraubt	8806.000	200	Telcordia GR-63-Core Zone 1&2 (2g Peak zw. 2-5Hz)
	Komfortgriff Seitenwände Sockel (2024)	8618.200 8106.245 8660.003 8660.033		
800 x 2000 x 600	Standardschrank ° 4x mit 40 Nm vom Sockel außen verschraubt ° MPL verschraubt	8806.000	200	Telcordia GR-63-Core Zone 3 (3g Peak zw. 2-5Hz)
	Komfortgriff Seitenwände Sockel (2024)	8618.200 8106.245 8660.003 8660.033		
800 x 2000 x 600	Standardschrank ° 8x mit 45 Nm vom Sockel verschraubt ° MPL verschraubt	8806.000	500	Telcordia GR-63-Core Zone 4 (5g Peak zw. 2-5Hz)
	Komfortgriff Seitenwände Erdbebensockel Erdbeben-Kit (VX)	8618.200 8106.245 8601.860 8618.600		

Tabelle 4: Übersicht VX25

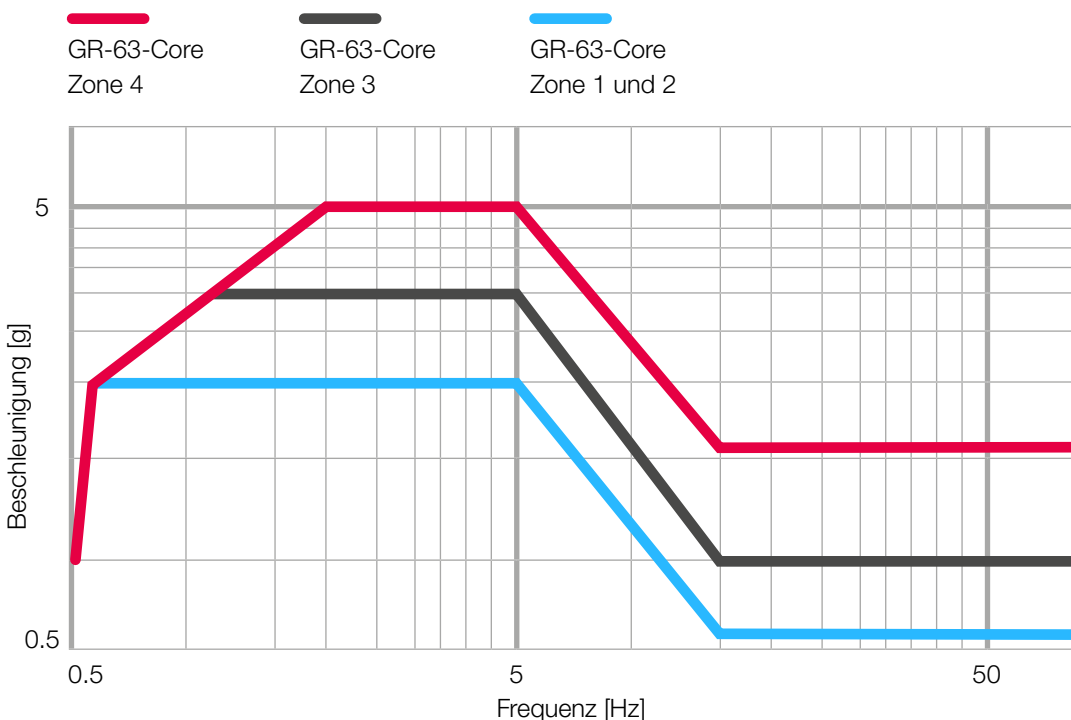


Abbildung 3: Vergleich Telcordia GR-63-Core Zone 1 & 2, Zone 3 und Zone 4

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

7 | Konkretes Vorgehen

Ein spezialisierter Leitfaden unterstützt Schaltanlagenbauer dabei, die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen umzusetzen und relevante Normen einzuhalten.

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 bzw. in welchen Gebieten mit Bodenbeschleunigungen 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 Bau-Statik 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 1 & 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 VX25 mit dem entsprechenden Erdbeben-Zubehör.

Der Funktionserhalt einer Anlage, wie sie manchmal ebenfalls gefordert wird, kann durch das Gehäuse oder den Schaltschrank 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 Hutschienen 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.



8 | Fazit

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.

Das Großschranksystem VX25 erfüllt mit den richtigen Zubehörteilen die höchste Erdbebenanforderung der Telcordia Zone 4. 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.

Das Großschranksystem VX25 von Rittal erfüllt maßgeschneidert die verschiedenen Erdbebennormen bis zur höchsten Anforderung der Telcordia Zone 4.

Das Großschranksystem VX25 von Rittal erfüllt maßgeschneidert die verschiedenen Erdbebennormen bis zur höchsten Anforderung der Telcordia Zone 4.



9 | Anhang, Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Quellen

Begriffserklärungen, Abkürzungen

—

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Beschleunigung-Frequenz-Diagramm	11
Abbildung 2: Erdbebenerweiterungszubehör für den Großschrank VX25	13
Abbildung 3: Vergleich Telcordia GR-63-Core Zone 1 & 2, Zone 3 und Zone 4	14

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Todesopfer bei Naturkatastrophen 1990 bis 2023	03
Tabelle 2: Mercalliskala im Vergleich zur japanischen JMA Skala	05
Tabelle 3: Bodenbeschleunigungen in Europa und USA	07
Tabelle 4: Übersicht VX25	14

Verzeichnis der Quellen

[Mun24] Munich Re, NatCatSERVICE, 2024	03
[BEU93] DIN IEC 60068-3-3:1993-09 Umweltprüfungen; Seismische Prüfverfahren für Geräte, Beuth-Verlag	09
[IEE05] IEEE Standard 693 – IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations, 2005	09
[TEL02] Telcordia GR-63-CORE Issue 2, 2002	09



Erdbebensicherheit von VX25 Schaltschranksystemen

White Paper IE 7

Normen verstehen, Risiken minimieren, Sicherheit garantieren

Autoren: Hartmut Paul, Boggun Hoffmann

Oktober 2024



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE

FRIEDHELM LOH GROUP