



Merkblatt - Nachweis der Erdbebensicherheit bei Gebäuden von Nebenanlagen von Rohrleitungsanlagen unter Bundesaufsicht

1. Allgemeine Information

Dieses Dokument beinhaltet Empfehlungen zur erdbebengerechten Projektierung der Tragwerke und der sekundären Bauteile von Gebäuden. Zudem erläutert es das Formular zur Erdbebensicherheit (siehe Beilage), welches die Gesuchstellerin den Gesuchsunterlagen im Plangenehmigungsverfahren beizulegen hat.

2. Schutzziel und Anforderungen an die Erdbebensicherheit

Bei einem Erdbebenereignis soll keine relevante Menge von flüssigen oder gasförmigen Brenn- oder Treibstoffen unkontrolliert aus der Rohrleitungsanlage austreten. Die Anlage muss im Ereignisfall sicher ausser Betrieb genommen werden können. Dazu ist ein ungehinderter Zugang zu den Gebäuden notwendig. Zudem müssen die technischen Einrichtungen zur Ausserbetriebnahme der Rohrleitungsanlage auch im Ereignisfall funktionstüchtig bleiben. Deshalb weist die ERI-Richtlinie Gebäude der Bauwerksklasse (BWK) III gemäss Norm SIA 261¹ zu. Mit dieser Zuweisung zur BWK III soll der Personenschutz gewährleistet sein. Die Sicherstellung eines störungsfreien Betriebs der Anlage während und nach dem Ereignis liegt in der Verantwortung des Betreibers.

Die spezifischen Anforderungen an die Erdbebensicherheit der Elemente der Gebäude ergeben sich aus der untenstehenden Tabelle (Tab. 1). Diese Anforderungen sind bei der Planung zu berücksichtigen.

Element	Anforderung an die Erdbebensicherheit
Tragwerk	<ul style="list-style-type: none">Tragsicherheit gewährleistet mit einem Bedeutungsfaktor $\gamma_f = 1.4$ (BWK III)Gebrauchstauglichkeit gewährleistet hinsichtlich Zugang (öffnen von Toren, Türen, etc.); d.h. i.d.R. Auslenkung $u \leq h/500$ nach Norm SIA 260 mit $\gamma_f = 1.4$ und 100% A_d (*) einhalten
Sekundäre Bauteile, Installationen und Einrichtungen	<ul style="list-style-type: none">Tragsicherheit gewährleistet mit einem Bedeutungsfaktor $\gamma_f = 1.4$ (BWK III)Gebrauchstauglichkeit und Funktionstüchtigkeit des Zugangs (Tore, Türen) gewährleistet; d.h. i.d.R. Auslenkung $u \leq h/500$ nach Norm SIA 260 mit $\gamma_f = 1.4$ und 100% A_d (*) einhaltenFunktionstüchtigkeit der Installationen und Einrichtungen zur AusserbetriebnahmeDichtigkeit der Rohrleitungen

Tab. 1 Anforderungen an die Erdbebensicherheit der Elemente der Gebäude

(*) Gebrauchstauglichkeitsnachweis mit dem gleichen Bemessungswert der aussergewöhnlichen Einwirkung A_d führen wie für den Tragsicherheitsnachweis. Die bewusste Abweichung von der Norm SIA 260, Ziff. 4.4.4.5 beruht darauf, dass die Ausserbetriebnahme auch bei der nicht reduzierten Erdbebeneinwirkung möglich sein muss und die Effizienz der zusätzlichen Massnahmen erfahrungsgemäss gegeben ist.

3. Vorgehen zur erdbebengerechten Projektierung der Gebäude

Die Gesuchstellerin ist für die erdbebensichere Planung der Gebäude sowie den Nachweis der Erdbebensicherheit verantwortlich. Sie sorgt zusammen mit einem Bauingenieur für ein erdbebengerechtes Tragwerkskonzept. Die konkreten Anforderungen an die Erdbebensicherheit (auf der Basis von Kapitel 2 hiervor) sowie die Erdbebeneinwirkung sind in der Nutzungsvereinbarung (gemäss Norm SIA 260) zu umschreiben.

¹ Normen SIA 260 bis 267, Tragwerksnormen, 2013/2014

Hinweise zum Tragwerk

Damit bei Gebäuden auf umfangreiche Erdbebennachweise verzichtet werden kann, wird empfohlen ein **erdbebensicheres Tragwerkskonzept** vorzusehen (regelmässiges Tragsystem im Grund- und Aufriss, pro Gebäude- und Richtung mindestens zwei aussteifende Wände). So können in der Regel der **Nachweis der Tragsicherheit** (Biege- und Schubwiderstände der Wände, Krafteinleitungen Decke in Wände und Wände in Fundation, Verbindungen bei vorgefertigten Bauteilen) sowie der **Nachweis der Gebrauchstauglichkeit** (horizontale Auslenkung resp. Stockwerkschiefstellung) einfach mit dem **Ersatzkraftverfahren** unter Anwendung des **Plateauwertes** des Spektrums erbracht werden.

Hinweise zu sekundären Bauteilen, Installationen und Einrichtungen

Sekundäre Bauteile sind gemäss Norm SIA 261 Bauteile, die nicht Bestandteil des Tragwerks sind (z.B. Wände, die weder der vertikalen Lastabtragung noch der horizontalen Aussteifung dienen, Geländer, Brüstungen) sowie ortsfeste Einrichtungen (z.B. technische Anlagen für Heizung, Lüftung, Klima, Elektroanlagen, Rohrleitungsanlagen, Armaturen). Damit sekundäre Bauteile im Erdbebenereignis Personen nicht gefährden, das Tragwerk nicht beschädigen oder den Betrieb nicht beeinträchtigen, sind diese erdbebensicher zu befestigen. Sekundäre Bauteile sind gemäss Ziff. 16.4, Tab. 26 der Norm SIA 261 zwingend nachzuweisen; die anzusetzende Horizontalkraft ergibt sich aus der Formel (49) unter Ziff. 16.7 derselben Norm. Für sekundäre Bauteile sind vor allem folgende konzeptionelle und konstruktive Hinweise zu beachten (siehe auch BAFU Publikation²):

- Auf **Mauerwerk**, das nicht zum Tragwerk gehört, ist nach Möglichkeit zu verzichten. Leichte Gipsständerkonstruktionen, die oben und unten am Tragwerk befestigt sind, oder Wände aus Ortsbeton weisen als Trennwände ein besseres Erdbebenverhalten auf. Falls trotzdem Mauerwerk eingesetzt wird, ist mit geeigneten Massnahmen sicherzustellen, dass es nicht aus der Ebene (out-of-plane) umkippen/herausfallen kann.
- **Steuerschränke** sind gegen Kippen zu sichern. Entweder sind diese an eine erdbebensichere Unterkonstruktion (Hohlboden) oder am Wandkopf in geeigneter Weise zu fixieren.
- Die Stützen eines **Hohlbodens** können unter horizontalen Einwirkungen kippen oder knicken. Daher ist darauf zu achten, dass der Hohlboden allseitig von tragenden Wänden umschlossen ist oder erdbebensicher aussteift ist.
- **Notstrombatterien** sind gegen Kippen und Herunterfallen zu sichern. Die Gestelle sind diagonal zu verstreben und in der Bodenplatte zu verankern. Horizontale Profile verhindern ein Abkippen der Zellen. Gewellte Platzeinlagen zwischen benachbarten Zellen verhindern das Gegeneinanderschlagen der Zellen.
- **Rohrleitungen und Armaturen** in Gebäuden von Nebenanlagen sind infolge des hohen Betriebsdrucks generell robust ausgelegt und somit gemäss den Anforderungen aus Kapitel 2 hiervon erdbebensicher ausgebildet. Da sie typischerweise am Boden verankert sind, ergibt sich bei Erdbeben in der Regel keine ungünstige Interaktion mit dem oberirdischen Tragwerk des Gebäudes wie Zwängungen oder Resonanz, die zu erhöhten Auswirkungen auf die Rohrleitungen und Armaturen führen würden. Bestehen Zweifel an der Erfüllung der Anforderungen betreffend die Erdbebensicherheit sind in erster Linie die Abstützungen und Verankerungen der Rohrleitungen und Armaturen zu hinterfragen.

Hinweise für Gebäude in Elementbauweise

Bei Gebäuden in vorgefertigter Bauweise (Elementbauweise, Container, Kabinen etc.) sind die Gesamtstabilität des Tragwerks und insbesondere alle relevanten Verbindungen des Bauwerks sowohl auf Zug- als auch auf Druckkräfte bei Erdbebeneinwirkung nachzuweisen und zu dokumentieren. Im Weiteren sind auch die konzeptionellen und konstruktiven Massnahmen in der Tab. 26 der Norm SIA 261 zu berücksichtigen.

4. Formular zur Erdbebensicherheit

Für die summarische Beurteilung der Erdbebensicherheit ist das nachfolgende Formular von der Gesuchstellerin (unter Mitwirkung eines Bauingenieurs) auszufüllen und dem Plangenehmigungsgesuch beizulegen. Weitere Dokumente wie die Nutzungsvereinbarung, die Projektbasis oder die statischen Berechnungen kann die Plangenehmigungsbehörde bei Bedarf nachverlangen.

² „Erdbebensicherheit sekundärer Bauteile und weiterer Installationen und Einrichtungen“. UW-1643-D, Bundesamt für Umwelt BAFU, 2016.



Formular Erdbebensicherheit - Gebäude von Rohrleitungsanlagen (Bauwerksklasse III)

Neubau / Erweiterung

Instandsetzung / Umbau, ursprüngliches Baujahr

Tragwerkskonzept

- Grundrissform kompakt, länglich, verwinkelt
- Anzahl Geschosse über Terrain / max. Höhe über Terrain / m

Tragwerkselement	Ortbeton	Mauerwerk	vorfabriziert	keine	andere
Wände, aussteifend					
in Längsrichtung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
in Querrichtung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wände, nur vertikal tragend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Decke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stützen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mehrfacheinträge pro Zeile möglich

- Mindestens zwei zur Aussteifung verwendete Wände in Längsrichtung vorhanden ja, nein
- Mindestens zwei zur Aussteifung verwendete Wände in Querrichtung vorhanden ja, nein
- Anordnung der aussteifenden Elemente im Grundriss symmetrisch ja, nein
- Andere Elemente als Wände zur Aussteifung verwendet ja, Material-Typ, nein
- Fundationsart flach / Pfähle, Platte / Streifen / Einzelfundamente

Erdbebeneinwirkung

- Erdbebenzone Z / Bedeutungsfaktor γ_f / Baugrund Z / $\gamma_f =$ / BGK oder Mikrozonierung
- Verhaltensbeiwert q in Längsrichtung / Querrichtung $q_{l\ddot{a}ngs} =$ / $q_{quer} =$

Nachweise Erdbebensicherheit

- Erbebennachweis gemäss Norm SIA geführt (260ff. Neubau od. 269/8 Instandsetzung / Umbau) ja, nein
- Geführt mit Ersatzkraftverfahren und horizontaler Ersatzkraft mit Plateauwert des Spektrums ja, nein
falls nein: gewähltes Verfahren, Begründung,
 $T_{1,l\ddot{a}ngs} =$ s, $T_{1,quer} =$ s, Begründung Abweichung Plateauwert
- Torsion beim Erbebennachweis berücksichtigt? ja, nein, nicht relevant
- Kraftübertragung von Decken in Wände und von Wänden in Foundation nachgewiesen ja, nein
- Vorfabrizierte Bauteile mit konstruktiven Massnahmen verbunden / gesichert ja, nein, nicht vorhanden
- Zugang und Ausserbetriebnahme nach dem Bemessungserdbeben nachweislich mit maximaler Stockwerkschiefstellung $h/500$ gewährleistet (Gebrauchstauglichkeit mit 100% A_d , $\gamma_f = 1.4$) ja, nein
- Relevante sekundäre Bauteile gemäss Kapitel 16.7 der Norm SIA 261 bestimmt und nachgewiesen ja, nein
- Sekundäre Bauteile aus Mauerwerk gegen Versagen quer zur Wandebene gesichert ja, nein, nicht vorhanden
- Steuer-/Elektroschränke gegen Kippen / Gleiten gesichert ja, nein, nicht vorhanden
- Notstrombatterien gegen Kippen / Gleiten / Herunterfallen gesichert ja, nein, nicht vorhanden
- Rohrleitungen und Armaturen haben keine ungünstige Interaktion mit dem Tragwerk ja, nein

Hinweis: Das vollständig ausgefüllte Formular ist zusammen mit dem Plangenehmigungsgesuch der Plangenehmigungsbehörde einzureichen. Weitere Nachweise kann die Plangenehmigungsbehörde bei Bedarf nachverlangen. Fragen zur Erdbebensicherheit beantwortet der Fachbereich Erdbeben beim Bundesamt für Umwelt, www.bafu.admin.ch/erdbeben.

Formular ausgefüllt durch den **Bauingenieur** Vorname / Name:

Firma: Ort, Datum: