

> Erdbebengerechte Neubauten in der Schweiz

Worauf es ankommt – und warum



Stiftung für
Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen
Fondation pour la
Dynamique des Structures et le Génie Parasismique

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM

Grundlagen und weiterführende Literatur

- [1] Grundlagen der Projektierung von Tragwerken. Norm SIA 260, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2003
- [2] Einwirkungen auf Tragwerke. Norm SIA 261, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2003
- [3] Wenn morgen die Erde beben würde. Magazin Umwelt, Heft 2/07, Seiten 22–26, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2007
- [4] Bachmann H.: Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten – Grundsätze für Ingenieure, Architekten, Bauherren und Behörden. Richtlinien des BWG, Bern 2002
- [5] Bachmann H., Braune F., Duvernay B.: Ist unser Gebäude genügend erdbebensicher? Wann eine Überprüfung und eine Verbesserung der Erdbebensicherheit nötig sind – und warum. Faltblatt, Bundesamt für Umwelt BAFU und Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen, UD-1065-D, Bern 2013
- [6] Bachmann H.: Erdbebensicherheit von Gebäuden – Rechts- und Haftungsfragen. Faltblatt, Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen, Schweizer Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik SGEB, Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht, Universität Freiburg, 2010

Weitere Informationen

- > Bundesamt für Umwelt (BAFU), Thema Erdbeben: www.bafu.admin.ch/erdbeben
- > Schweizer Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (SGEB): www.sgeb.ch

Impressum

Herausgeber:

Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen (www.baudyn.ch). Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Konzept und Text:

Prof. Hugo Bachmann, Blaise Duvernay (BAFU)

Der Einfachheit halber wird im Text nur die männliche Bezeichnung der Beteiligten verwendet. Es sind jedoch immer beide Geschlechter gemeint.

Titelbild:

Erdbebengerecht erstellte moderne Wohngebäude in Saint-Maurice VS.
Bild: Hannes Henz, Zürich

Bezug der gedruckten Fassung:

www.bundespublikationen.admin.ch, Art.-Nr. 810.400.075.d

PDF-Download:

www.bafu.admin.ch/ud-1064-d

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2013

> Warum erdbebengerechte Neubauten in der Schweiz?

Starke Erdbeben, die Gebäudeschäden verursachen, treten auch in der Schweiz auf. Bauliche Massnahmen bieten einen effizienten und kostengünstigen Schutz.

- > In der Schweiz besteht eine mittlere Erdbebengefährdung. Starke Erdbeben wie etwa in Siders 1946, in Brig 1855, in Obwalden 1601 und in Basel 1356 treten auf, jedoch seltener als in hoch gefährdeten Gebieten wie zum Beispiel Italien.
- > Nicht erdbebengerecht erstellte Gebäude sind einsturzgefährdet und weisen häufig bereits bei relativ schwachen Erdbeben erhebliche Schäden auf [3].
- > Der erdbebengerechte Entwurf eines Gebäudes und die fachgerechte und konsequente Umsetzung der Erdbebenbestimmungen der aktuellen SIA-Baunormen [1, 2] gewährleisten eine hohe Sicherheit für Personen und eine gesellschaftlich akzeptierbare Schadensanfälligkeit des Bauwerks.
- > Erdbebengerechtes Bauen ist kostengünstig. Hingegen kann eine Nachbesserung bezüglich Erdbebensicherheit aufwendig und kostenintensiv sein [5].
- > Die architektonische Freiheit sowie die Nutzung des Gebäudes werden kaum beeinträchtigt.
- > Mit der Einhaltung der SIA-Baunormen vermeiden Planer und Eigentümer mögliche Rechtsstreitigkeiten wegen mangelnder Personensicherheit, Minderwertigkeit des Gebäudes und Schadensersatzansprüchen Dritter [6].
- > Erdbebenschäden an Gebäuden sind durch die obligatorische Gebäudeversicherung in der Regel nicht verbindlich gedeckt.

> Wovor schützen erdbebengerechte Neubauten?

Die Umsetzung der SIA-Baunormen bietet einen sehr guten, aber keinen absoluten Schutz gegen Erdbeben.

Wie wirkt ein Erdbeben auf ein Gebäude?

Die Bodenbewegungen bringen es zum Schwingen. Daraus entstehen horizontale Kräfte und Verschiebungen, die vom Tragwerk des Gebäudes aufgenommen und abgetragen werden müssen.

Was verlangen die SIA-Baunormen?

Das Bauwerk muss genügend standfest (Tragsicherheit) gegenüber den in der Norm SIA 261 [2] definierten Erdbebeneinwirkungen sein. Grosse Schäden am Tragwerk – vor allem ein Einsturz – sind auszuschliessen. Die Sicherheit der Personen ist oberstes Ziel. Nur bei sehr wichtigen Gebäuden (Bauwerksklasse III) werden Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit gestellt (Gebrauchstauglichkeit).

Welches Erdbebenszenario decken die Normen ab?

Die Erdbebeneinwirkungen der SIA-Baunormen decken je nach Region in etwa die erwarteten Bodenbewegungen eines Erdbebens der Magnitude 5,5 bis 6,0 ab, und zwar ab einer Distanz von rund 5 bis 10 km vom Epizentrum. Im Epizentrum muss mit einer Überschreitung der Normenwerte gerechnet werden.

Wie sehen erdbebengerechte Bauten nach Auftreten dieser Erdbebeneinwirkungen aus?

Sie weisen kleine bis mittlere Schäden auf, die meist repariert werden können. Die Funktionstüchtigkeit ist in der Regel nicht gewährleistet.

Was passiert bei grösseren Erdbebeneinwirkungen?

Die Einsturzgefahr bleibt meist klein. Die Auswirkungen nehmen aber progressiv zu, mit möglichen irreparablen Schäden am Gebäude.

> Was ist erdbebengerechtes Bauen, und wie viel kostet es?

Bei Neubauten liegen die Kosten bei 0–1 Prozent der Baukosten. Bedingung ist, dass Architekt und Ingenieur schon beim Entwurf eng zusammenarbeiten!

- > **Schritt 1:** Der Architekt und der Bauingenieur entwerfen gemeinsam ein Konzept für ein erdbebengerechtes Tragwerk und eines für die Sicherung der sekundären Bauteile.
- > **Schritt 2:** Der Bauingenieur berechnet und bemisst das Tragwerk sowie die Sicherungsmassnahmen für die sekundären Bauteile und legt die konstruktiven Details fest.
- > **Schritt 3:** Der Gesamtleiter koordiniert die Realisierung der Massnahmen zwischen allen am Bau beteiligten Fachplannern und kontrolliert zusammen mit dem Bauingenieur die korrekte Ausführung der baulichen Massnahmen.



Bild: H. Henz, Zürich



Plan: Bonnard Woelfray / Kumann & Cretton SA

Wohngebäude in Saint-Maurice VS mit über die ganze Gebäudehöhe laufenden Stahlbetonwänden (grün) zur Abtragung der Erdbebeneinwirkungen. Mauerwerkswände (rot) und Stahlstützen (blau) dienen der Abtragung der Schwerelasten.

> Zuständigkeiten des Eigentümers und des Gesamtleiters

Der Eigentümer ist für die Sicherheit in seinem Gebäude verantwortlich. Als dessen Vertreter spielt meist der Architekt als Gesamtleiter eine zentrale Rolle.

Eigentümer und Gesamtleiter haben Folgendes sicherzustellen:

- > Der Eigentümer und alle beteiligten Fachplaner besprechen das Thema Erdbebensicherheit. Die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten werden klar geregelt.
- > Beim Entwurf des Gebäudes wird ein Bauingenieur als Tragwerksplaner beigezogen.
- > Der erdbebengerechte Entwurf und die Einhaltung der aktuellen SIA-Normen sind Leistungen, die der Architekt und der Bauingenieur in Zusammenarbeit erbringen.
- > Die Nutzungsvereinbarung gemäss SIA 260 [1] behandelt ausdrücklich das Thema Erdbebensicherheit. Darin werden die Anforderungen bezüglich Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes sowie die Sicherung der sekundären Bauteile, Installationen und Einrichtungen explizit festgelegt.
- > Die baulichen Massnahmen zur Erdbebensicherheit werden in den zu archivierenden Bauakten angemessen dokumentiert.
- > Vor der Ausführungsplanung erfolgt bei einer gemeinsamen Sitzung von Eigentümer, Architekt und Bauingenieur die Darlegung der vorgesehenen Massnahmen zur erdbebengerechten Bauweise.
- > Während der Ausführung wird der Eigentümer über die konkrete Realisierung der Massnahmen auf der Baustelle orientiert.

> Zuständigkeiten des Architekten und des Bauingenieurs

Der Architekt als Planer ist dafür zuständig, in Zusammenarbeit mit dem Bauingenieur ein erdbebengerechtes Bauwerk zu projektieren und zu realisieren.

Der Architekt hat folgende Verantwortlichkeiten:

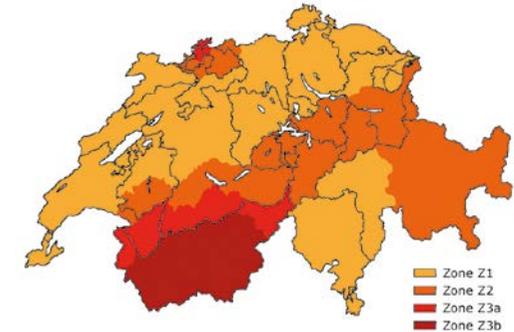
- > Der Bauingenieur ist frühzeitig für den Entwurf der erdbebengerechten baulichen Massnahmen beizuziehen.
- > Die Bauleitung und der Bauunternehmer werden vor Baubeginn über die erdbebengerechten baulichen Massnahmen informiert, und eine Koordination der Sicherung sekundärer Bauteile findet mit den beteiligten Fachplanern statt.
- > Der Architekt führt die nötigen Kontrollen auf der Baustelle zusammen mit dem Bauingenieur durch.
- > Planänderungen und insbesondere die Festlegung von Aussparungen im Tragwerk werden mit dem Bauingenieur abgesprochen.

Der Bauingenieur hat folgende Verantwortlichkeiten:

- > Eigentümer und Architekt erhalten eine fachliche Beratung bezüglich Erdbebensicherheit.
- > Eine technisch, betrieblich und ästhetisch optimale Lösung für ein erdbebengerechtes Tragwerk und erdbebengerechte sekundäre Bauteile werden zusammen mit dem Architekten entworfen.
- > Das Tragwerk und die sekundären Bauteile erfüllen die Anforderungen der SIA-Baunormen hinsichtlich Erdbebensicherheit.
- > Es findet eine korrekte Umsetzung der erdbebengerechten baulichen Massnahmen auf der Baustelle statt.

> Wichtige Begriffe und Parameter der SIA-Baunormen

Die standortgemässe Erdbebengefährdung und die Bedeutung des Bauwerks sind durch drei wichtige Parameter der Norm SIA 261 [2] bestimmt.



Erdbebenzonenkarte nach SIA 261 [2].

Erdbebenzone: Region, für welche ein einheitliches Gefährdungsniveau angenommen wird. Der relative Einfluss auf die normgemässen Erdbebeneinwirkungen variiert von 1,0 (Zone 1) bis 2,7 (Zone 3b).

Baugrundklasse: Klassierung des lokalen Baugrunds in eine von 6 definierten Klassen A bis F mit entsprechendem Verstärkungspotenzial der Erdbebeneinwirkungen. Der relative Einfluss auf die normgemässen Erdbebeneinwirkungen variiert von 1,0 bis 2,7.

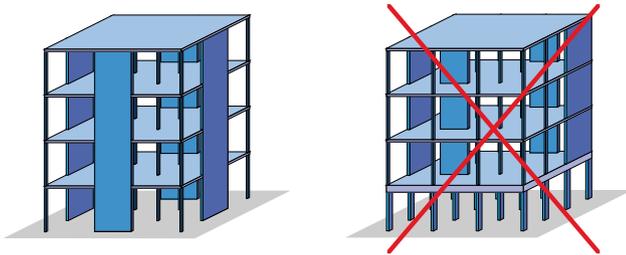
Bauwerksklasse (BWK): Klassierung des Bauwerks in eine von 3 definierten Bauwerksklassen, je nach Bedeutung und Schadenspotenzial. Der relative Einfluss auf die normgemässen Erdbebeneinwirkungen variiert von 1,0 (BWK I) bis 1,4 (BWK III).

BWK I	<ul style="list-style-type: none">• Gewöhnliche Gebäude
BWK II	<ul style="list-style-type: none">• Grosse Menschenansammlungen• Besonders wertvolle Güter und Einrichtungen• Bedeutende Infrastrukturfunktion• Beschränkte Gefährdung der Umwelt
BWK III	<ul style="list-style-type: none">• Lebenswichtige Infrastrukturfunktion• Erhebliche Gefährdung der Umwelt

> Erdbebensichere Neubauten, kurz zusammengefasst

Entwurf, Berechnung, Bemessung, konstruktive Gestaltung und korrekte Ausführung entscheiden über die Erdbebensicherheit und die Schadenanfälligkeit.

Ein erdbebensicheres Bauwerk besitzt ein robustes Tragwerk für die Abtragung der horizontalen Erdbebeneinwirkungen. Dabei müssen die Aussteifungsbauteile (z. B. Wände oder Fachwerke) kontinuierlich über die Höhe des Gebäudes bis auf das Fundationsniveau durchlaufen und möglichst symmetrisch angeordnet sein [4]. Die Aussteifungsbauteile müssen mit den Decken kraftschlüssig verbunden sein. Auch sekundäre Bauteile (Fassaden, Zwischenwände, abgehängte Decken, Installationen, Einrichtungen usw.) sowie eventuell Schränke o. Ä. sind erdbebensicher zu befestigen. Dies ist im Allgemeinen einfach und kostengünstig realisierbar.



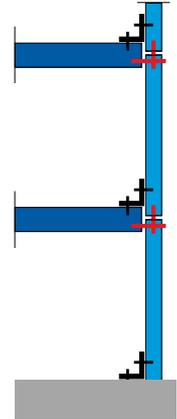
*Links: Idealisierter, guter konzeptioneller Entwurf des Tragwerks.
Rechts: Gefährliches «Soft-storey» mit einem Unterbruch der Aussteifungsbauteile (Stahlbetonwände) im Erdgeschoss.*

Die Planung und die Realisierung der notwendigen baulichen Massnahmen erfordern vom Gesamtleiter eine gute Koordination zwischen allen am Bau beteiligten Fachplanern (Bauingenieur, Fassadeningenieur, Lüftungsingenieur usw.). Im Rahmen der Koordination ist auch sicherzustellen, dass Aussteifungsbauteile durch Aussparungen für Installationen nicht unzulässig geschwächt werden.

Diese Kurzinformation richtet sich vor allem an Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer bzw. Auftraggebende eines Bauvorhabens sowie an Architektinnen und Architekten.



Bild: T. Wenk, Zürich



*Links: Abgestürzte Fassadenbauteile (Emilia Romagna, Italien, 2012);
rechts: Sicherung von Fassadenbauteilen für horizontale Einwirkungen (schematisch).*

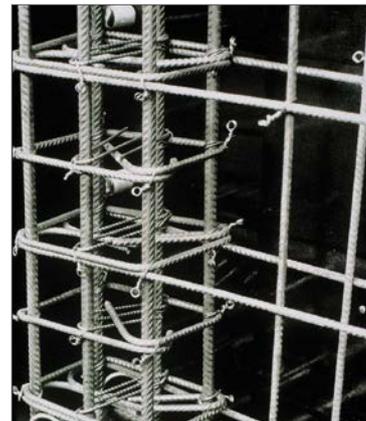


Bild: A. Dazio

Erdbebensichere Ausführung einer Wandarmierung aus [4] – konstruktive Details und deren plangemässe Ausführung sind für ein gutes Erdbebenverhalten von Bauwerken entscheidend.



Bild: AXPO

Sicherung von Schränken gegen Rutschen und Umkippen mittels einfacher Stahlwinkel.