

Erdbebensichere Neubauten in der Schweiz

Worauf es ankommt – und warum



Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen
Fondation pour la Dynamique des Structures et le Génie Parasismique
Fondazione per la Dinamica Strutturale e l'Ingegneria Sismica



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Grundlagen und weiterführende Literatur

- 1 Tragwerksnormen SIA 260 bis 267. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- 2 Einwirkungen auf Tragwerke. Norm SIA 261, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2020
- 3 Wenn morgen die Erde beben würde. Magazin Umwelt, Heft 2/07, Seiten 22–26, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2007
- 4 Bachmann H.: Erdbebensicherer 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 Erdbbensicherheit nötig sind – und warum. Faltblatt, Bundesamt für Umwelt BAFU und Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen, UI-1065-D, Bern 2021
- 6 Bachmann H.: Erdbbensicherheit 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, 2021

Weitere Informationen

- Bundesamt für Umwelt (BAFU): www.bafu.admin.ch/erdbeben
- Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen: www.baudyn.ch
- Schweizer Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (SGEB): www.sgeb.ch

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU) und
Stiftung für Baudynamik
und Erdbebeningenieurwesen

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

Erdbebensicherer Entwurf
Wohngebäude in Saint-Maurice VS.
© Hannes Henz, Zürich

PDF-Download und Bezug der gedruckten Fassung

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

BBL, Verkauf Bundespublikationen,
CH-3003 Bern
www.bundespublikationen.admin.ch
Art.-Nr.: 810.400.075D

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt
auf Recyclingpapier.

Diese Publikation ist auch in
französischer und italienischer
Sprache verfügbar.

© BAFU 2021, 2. Auflage

Warum erdbebensicherer bauen?

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 erdbebensicherer erstellte Gebäude sind einsturzgefährdet und weisen häufig bereits bei relativ schwachen Erdbeben erhebliche Schäden auf³.
- Der erdbebensicherer Entwurf eines Gebäudes und die fachgerechte und konsequente Umsetzung der Erdbebenbestimmungen der aktuellen SIA-Tragwerksnormen^{1,2} gewährleisten eine hohe Sicherheit für Personen und eine gesellschaftlich akzeptierbare Schadensanfälligkeit des Bauwerks.
- Erdbebensicherer Bauen ist kostengünstig. Hingegen kann eine Nachbesserung bezüglich Erdbbensicherheit aufwendig und kostenintensiv sein⁵.
- Die architektonische Freiheit sowie die Nutzung des Gebäudes werden kaum beeinträchtigt.
- Mit der Einhaltung der SIA-Tragwerksnormen vermeiden Planer und Eigentümer mögliche Rechtsstreitigkeiten wegen mangelnder Personensicherheit, Minderwertigkeit des Gebäudes und Schadensersatzansprüchen Dritter⁶.
- Erdbbenschäden an Gebäuden sind durch die obligatorische Gebäudeversicherung in der Regel nicht verbindlich gedeckt.

Wovor schützt es?

Die Umsetzung der SIA-Tragwerksnormen 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 261² 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-Tragwerksnormen 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.

Wie geht es und wie viel kostet es?

Bei Neubauten liegen die Kosten bei 0–1 Prozent der Baukosten. Bedingung ist, dass Architekt und Ingenieur bereits 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 Fachplanern und kontrolliert zusammen mit dem Bauingenieur die korrekte Ausführung der baulichen Massnahmen.

Wohngebäude in Saint-Maurice (siehe Titelbild) mit einer Tragstruktur aus Stahlbetonwänden (grün), Mauerwerkswänden (rot), Stahlstützen (blau) und Stahlbetondecken (grau). Die Aussteifung für Erdbebeneinwirkungen erfolgt über die Stahlbetonwände.



Plan: Bonnard Woeffray / Kumann & Cretton SA

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-Tragwerksnormen sind Leistungen, die der Architekt und der Bauingenieur in Zusammenarbeit erbringen.
- Die Nutzungsvereinbarung gemäss SIA 260¹ 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:

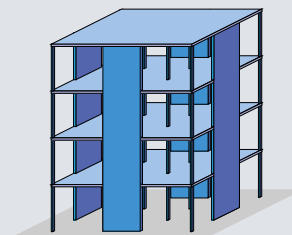
- Eigentümer und Architekt erhalten eine fachliche Beratung bezüglich Erdbebensicherheit.
- Eine technisch, betrieblich und ästhetisch optimale Lösung für ein erdbebengerechtes Tragwerk und erdbebengerechte sekundäre Bauteile werden zusammen mit dem Architekten entworfen.
- Das Tragwerk und die sekundären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

Kurz gefasst

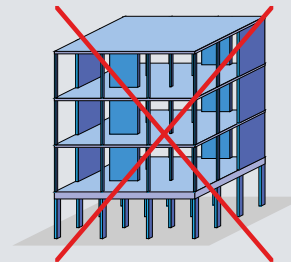
Entwurf, Berechnung, Bemessung, konstruktive Gestaltung und korrekte Ausführung entscheiden über die Erdbebensicherheit und die Schadenanfälligkeit.

Ein erdbebengerechtes 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 sein⁴. 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 erdbebengerecht zu befestigen. Dies ist im Allgemeinen einfach und kostengünstig realisierbar.

Idealisierter, guter konzeptioneller Entwurf des Tragwerks.



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, Lüftungingenieur 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.

Abgestürzte Fassadenbauteile (Emilia Romagna, Italien, 2012)



Sicherung von Fassadenbauteilen für horizontale Einwirkungen (schematisch).

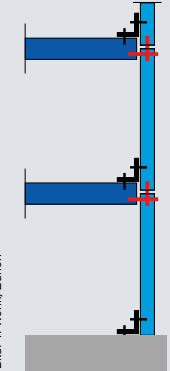


Bild: T. Wenk, Zürich

Erdbebengerechte Ausführung einer Wandarmierung aus⁴ – konstruktive Details und deren plangemässe Ausführung sind für ein gutes Erdbebenverhalten von Bauwerken entscheidend.

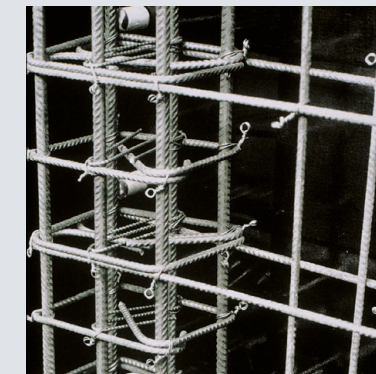


Bild: A. Dazio

Sicherung von Schränken gegen Rutschen und Umkippen mittels einfacher Stahlwinkel.

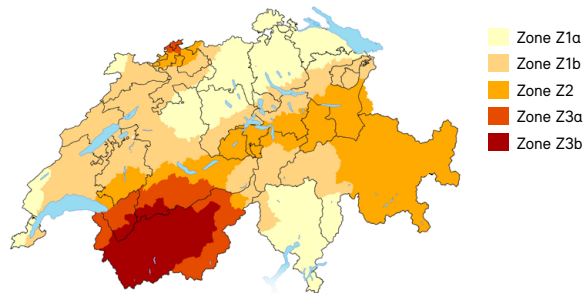


Bild: AXFO

Begriffe und Parameter SIA-Baunormen

Die standortgemässe Erdbebengefährdung und die Bedeutung des Bauwerks sind durch drei wichtige Parameter der Norm SIA 261² bestimmt.

Karte der Erdbebenzonen nach SIA 261².



Erdbebenzone: Region, für welche ein einheitliches Gefährdungsniveau angenommen wird. Der relative Einfluss auf die normgemässen Erdbebeneinwirkungen variiert von 1,0 (Zone Z1a) bis 2,7 (Zone Z3b).

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 3,4.

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 1,5 (BWK III).

BWK III Lebenswichtige Infrastrukturfunktion

BWK II Hohe Personenbelegung, Grosse Menschenansammlungen, Enthält besonders wertvolle Güter und Einrichtungen, Bedeutende Infrastrukturfunktion, Schulen und Kindergärten, Gebäude der öffentlichen Verwaltung

BWK I Übrige Bauwerke, sofern keine Umweltschäden möglich sind
