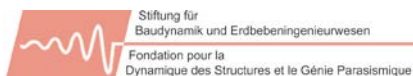


## > Ist unser Gebäude genügend erdbebensicher?

Wann eine Überprüfung und eine Verbesserung sinnvoll sind – und warum



### Grundlagen und weiterführende Literatur

- [1] Tragwerksnormen SIA 260 bis 267. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2003
- [2] Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben. Merkblatt SIA 2018. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2004
- [3] Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben. Norm SIA 269/8, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, in Vorbereitung, ersetzt [2]
- [4] Wenk T.: Erdbebenertüchtigung von Bauwerken – Strategie und Beispielsammlung aus der Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 0832, BAFU, Bern 2008
- [5] Bundesamt für Umwelt BAFU, Richtlinien zum Inventar der Erdbebensicherheit bestehender Bundesbauten, [www.bafu.admin.ch/erdbeben](http://www.bafu.admin.ch/erdbeben) => Publikationen
- [6] Bachmann H., Duvernay B.: Erdbebugerechte Neubauten in der Schweiz. Faltblatt, Bundesamt für Umwelt BAFU und Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen, UD-1064-D, Bern 2013
- [7] 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](http://www.bafu.admin.ch/erdbeben)
- > Schweizer Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (SGEB): [www.sgeb.ch](http://www.sgeb.ch)

### Impressum

Herausgeber:

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

Konzept und Text:

Prof. Hugo Bachmann, Friederike Braune und Blaise Duvernay (BAFU)

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

Bezug der gedruckten Fassung:

[www.bundespublikationen.admin.ch](http://www.bundespublikationen.admin.ch), Art.-Nr. 810.400.076 d

PDF-Download:

[www.bafu.admin.ch/ud-1065-d](http://www.bafu.admin.ch/ud-1065-d)

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2013

## > Gebäudeschäden durch Erdbeben in der Schweiz

*Starke Erdbeben, die Gebäudeschäden verursachen, treten auch in der Schweiz auf. Nicht erdbebengerecht gebaute Gebäude sind in allen Regionen gefährdet.*

- > Starke Erdbeben wie etwa in Siders 1946, in Brig 1855, in Obwalden 1601 und in Basel 1356 treten hierzulande auf, jedoch seltener als in hoch gefährdeten Gebieten wie zum Beispiel Italien.
- > Jede Region in der Schweiz kann von einem Erdbeben betroffen werden. Besonders gefährdet sind die Regionen Wallis, Basel und Alpiner Nordrand. Hier treten Erdbeben häufiger auf.
- > Nicht erdbebengerecht erstellte Gebäude sind potenziell einsturzgefährdet und weisen häufig bereits bei relativ schwachen Erdbeben erhebliche Schäden auf.
- > Zahlreiche Gebäude haben eine ungenügende Erdbebensicherheit, gemessen an den heutigen Anforderungen für Neubauten [1]. Gründe dafür sind keine Bauvorschriften zur Bauzeit oder eine geringe Beachtung der Normenanforderungen an die Erdbebensicherheit.
- > Ein Hinweis auf eine ungenügende Erdbebensicherheit ist zum Beispiel die Unregelmässigkeit im Aufriss («Soft-storey»).



«Soft-storey»: Unterbruch der aussteifenden Wände im Erdgeschoss. Diese Schwachstelle kommt in der Schweiz oft vor.

## > Wann sollte eine Überprüfung der Erdbebensicherheit stattfinden?

*Ist ein Umbau oder eine Instandsetzung geplant, so lohnt es sich, möglichst frühzeitig abzuklären, ob das Gebäude ausreichend erdbebensicher ist.*

### **Bauvorhaben**

Der Eigentümer sollte schon vor einem geplanten Bauvorhaben durch einen Bauingenieur beurteilen lassen, ob eine Überprüfung der Erdbebensicherheit sinnvoll ist. Relevante Faktoren sind Art und Umfang des geplanten Eingriffs, die Investitionssumme, der Gebäudewert sowie die Restnutzungsdauer.

### **Verdacht auf geringe Erdbebensicherheit**

Bei einem berechtigten Verdacht auf eine geringe Erdbebensicherheit (offensichtliche gravierende Schwachstelle) sollte auf jeden Fall eine Überprüfung der Erdbebensicherheit stattfinden.

### **Wichtige Gebäude**

Für funktional wichtige Gebäude oder solche mit grossem Schadenspotenzial ist eine systematische Überprüfung der Erdbebensicherheit ausserhalb von Bauvorhaben sinnvoll. So können allenfalls notwendige Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit risikogerecht vorausgeplant werden.

### **Ein- oder Zweifamilienhäuser**

Für Wohnbauten konventioneller Bauart (frei stehend, bis zweigeschossig) ohne gravierende Schwachstellen ist in der Regel eine Überprüfung der Erdbebensicherheit nicht verhältnismässig.

### **Priorisierung des Immobilienportfolios**

Grössere Gebäudebestände erfordern eine Priorisierung, welche Liegenschaften in welchem Zeitraum überprüft werden. Mögliche Kriterien dazu bietet das dreistufige Verfahren des Bundes zum Inventar der Erdbebensicherheit seiner eigenen Gebäude [5].

## > Was beinhaltet eine Überprüfung, und wie viel kostet sie?

*Die Überprüfung durch einen spezialisierten Erdbebeningenieur umfasst eine Untersuchung, eine Beurteilung und Empfehlungen zur Erdbebensicherheit.*

- > Eine Überprüfung der Erdbebensicherheit setzt sich aus einer konzeptionellen, rechnerischen und konstruktiven Überprüfung des Gebäudes zusammen. Das Vorgehen besteht aus einer Zustandserfassung und einer Zustandsbeurteilung des Gebäudes sowie gegebenenfalls aus einer Massnahmenempfehlung.
- > Je mehr planerische und geotechnische Grundlagen eines Gebäudes vorhanden sind, desto besser kann es untersucht werden. Mehrheitlich sind bei bestehenden Gebäuden die Grundlagen ungenügend, und Bauwerksuntersuchungen werden notwendig.
- > Die rechnerische Beurteilung liefert den Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff}$  des Gebäudes. Anhand dessen sowie durch konzeptionelle und konstruktive Merkmale kann der Istzustand des Gebäudes bewertet werden.
- > Bei ungenügendem Istzustand sind Vorschläge für konzeptionelle Massnahmen als Entscheidungsgrundlage für den Gebäudeeigentümer auszuarbeiten.
- > Die Überprüfungskosten variieren stark in Abhängigkeit von der Komplexität des Gebäudes und vom Aufwand zur Erarbeitung sinnvoller Massnahmenvorschläge. Die Kosten können sich bei einem mittelgrossen Gebäude auf 15000 bis 50000 Franken belaufen. Bei Beauftragung eines spezialisierten Erdbebeningenieurs fallen meist geringere Überprüfungs- und Massnahmenkosten an.

## > Wie sicher ist sicher genug? Wie teuer ist nicht zu teuer?

*Seit 2004 sind im Merkblatt 2018(\*) [2] die Mindestanforderungen an bestehende Gebäude sowie die Kosten-Nutzen-Kriterien für Massnahmen definiert.*

- > Das angestrebte Schutzziel für Neubauten gemäss Norm SIA 261 besteht im Personenschutz, in der Schadensbegrenzung und der Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit wichtiger Bauwerke. Ein Gebäudeeinsturz ist auszuschliessen.
- > Der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff}$  beschreibt, in welchem Mass das Tragwerk den rechnerischen Anforderungen an Neubauten bezüglich Erdbebensicherheit entspricht. Erreicht der Erfüllungsfaktor den Wert 1,0, so genügen die Neubauten zu 100 Prozent den Anforderungen. Ist  $\alpha_{eff} < 1,0$ , sind die Anforderungen nur teilweise erfüllt.
- > Mindestanforderungen: Bestehende Gebäude müssen einen Erfüllungsfaktor von mindestens 0,25 (0,40 für Gebäude der Bauwerksklasse III) aufweisen.
- > Weiterführende Massnahmen: Bei Erfüllung der Mindestanforderungen sind nur verhältnismässige Massnahmen zu treffen – gemäss der Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen möglicher Massnahmenkonzepte.
- > Die Kosten der zu treffenden Massnahmen sind situationsabhängig und variieren stark, je nach Schwere und Umfang der Mängel. Nutzbare Synergien mit einem geplanten Bauvorhaben beeinflussen die Kosten entscheidend.

(\*) Ab 2014 ersetzt die Norm SIA 269/8 [3] das Merkblatt SIA 2018. Die Grundprinzipien des Merkblatts sind beibehalten.

## Beispiel 1 – lokale Massnahme Gymnasium Neufeld, Bern

Das 1965 erstellte Gebäude besteht aus Untergeschoss, Erdgeschoss und vier Obergeschossen. Stahlbetonstützen und zwei Stahlbetonliftkerne bilden das Tragwerk [4]. Ursprünglich wurde das Gebäude durch eine Trennfuge in zwei Hälften unterteilt (über alle Geschosse). Jede Hälfte war exzentrisch mit einem Liftkern ausgesteift. Die starke Exzentrizität ergab bereits für geringe Erdbebeneinwirkungen eine Absturzgefahr an der Trennfuge.

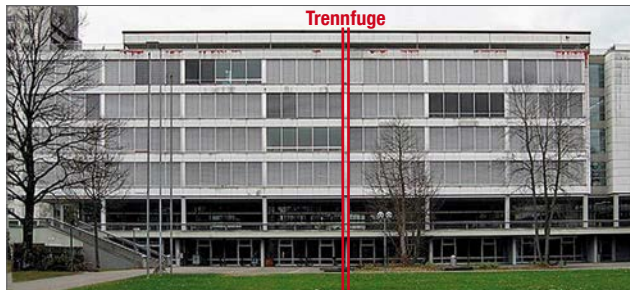
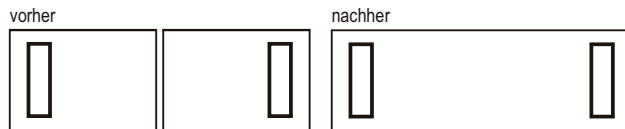


Bild: Wikipedia, R. Frey

Ansicht der Längsfassade (unten) mit Grundriss im Istzustand mit zwei Gebäudehälften (oben links) sowie Grundriss im verbesserten Zustand als symmetrisch ausgesteiftes Gebäude (oben rechts).

Die Trennfuge der Geschossdecken in der Gebäudemitte wurde geschlossen. So entstand ein symmetrisch ausgesteiftes Gesamtsystem, das Erdbebeneinwirkungen viel besser widerstehen kann. Damit werden 50 Prozent der heutigen Anforderungen für Neubauten erfüllt. Eine Verbesserung der Erdbebensicherheit darüber hinaus wäre mit unverhältnismässigen Kosten verbunden gewesen. Die Erdbebenmassnahmen fanden im Rahmen einer Gesamtsanierung des Gebäudes nach 40 Jahren Nutzung statt. Die «erdbebenbedingten» Kosten betragen 0,3 Millionen Franken oder **0,7 Prozent des Gebäudewerts**.

## Beispiel 2 – Gesamtverstärkung Wohngebäude, Freiburg i.Ü.

Die drei Wohngebäude in Freiburg mit Mietwohnungen aus den 1970er-Jahren hatten ein offenes Erdgeschoss mit Stützen ohne aussteifende Wände und darüber sieben Geschosse mit tragenden Wänden aus Mauerwerk [4]. Zur Verbesserung der Erdbebensicherheit wurden aussen an den Fassaden vier schlanke Stahlbetonwände fundiert, hochgezogen und in den Decken verankert. So mussten die Bewohnerinnen und Bewohner ihre Wohnung während der Arbeiten nicht räumen. Mit diesen Massnahmen werden 50 Prozent der heutigen Anforderungen für Neubauten erfüllt. Die Erdbebenmassnahmen wurden anlässlich einer allgemeinen Sanierung durchgeführt, und deren Kosten betragen 1,7 Millionen Franken oder **7,4 Prozent des Gebäudewerts**.



Bild: E. Latzelin

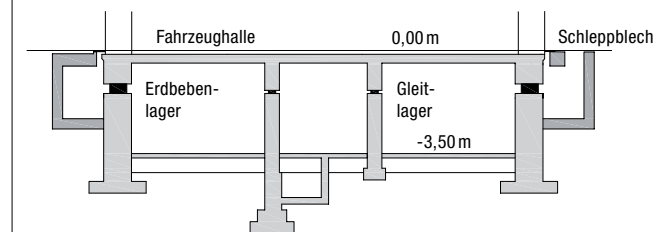
Wohngebäude in Freiburg mit vier aussen an den Fassaden hochgezogenen schlanken Stahlbetonwänden.

## Beispiel 3 – Speziallösung Berufsfeuerwehr Basel-Stadt

Das Hauptgebäude der Berufsfeuerwehr Basel-Stadt, der Lützelhof, wurde während des Zweiten Weltkriegs als Stahlbetonbau errichtet [4]. Im Erdgeschoss befindet sich eine Einstellhalle mit schlanken Stützen zwischen den Toren, die schon bei einem relativ schwachen Erdbeben einsturzgefährdet gewesen wären. Dieses Gebäude erfuhr eine Verbesserung durch eine seismische Isolation. Unterhalb der Decke des Erdgeschosses wurde es mittels eines horizontalen Schnitts vom Kellergeschoss abgetrennt und auf Erdbebenlager gestellt. Damit sich das Gebäude bei einem Erdbeben horizontal frei bewegen kann, schuf man rundherum einen entsprechenden Spielraum von etwa 20 cm. Diese Lösung ermöglichte eine minimale Nutzungseinschränkung während und nach den Bauarbeiten. Die Anforderungen für Neubauten werden zu 100 Prozent erfüllt, und die Funktionstüchtigkeit nach einem starken Erdbeben ist gewährleistet. Die Verbesserung der Erdbebensicherheit erfolgte aufgrund einer Risikoanalyse der wichtigen kantonalen Gebäude und kostete 3 Millionen Franken oder **23 Prozent des Gebäudewerts**.



Bild: A. Zachmann, Basel



Ansicht der Längsfassade (oben) und Querschnitt durch das Erdgeschoss mit den neuen Erdbebenlagern.

## > Richtigstellung von Fehlmeinungen aus der Praxis

*Bezüglich Überprüfung der Erdbebensicherheit bestehender Gebäude existieren Fehlmeinungen, die richtigzustellen sind.*

### Verantwortlichkeiten

**Fehlmeinung:** Für die Thematisierung der Erdbebensicherheit bei einem bestehenden Gebäude ist der Bauingenieur verantwortlich.

**Richtigstellung:** Der Gebäudeeigentümer ist für die Sicherheit in seinem Gebäude verantwortlich. Als dessen Vertreter ist der Architekt als Gesamtleiter aufgrund seiner Sorgfaltspflicht zuständig, die Sicherheit bei einem Umbauprojekt planerisch zu berücksichtigen und zu gewährleisten. Der Bauingenieur in seiner Rolle als Fachspezialist ist angesichts seiner Sorgfaltspflicht dafür zuständig, das bestehende Tragwerk und die sekundären Bauteile hinsichtlich Erdbebensicherheit zu beurteilen, notwendige Massnahmen festzulegen und deren korrekte Ausführung sicherzustellen.

### Nutzungsvereinbarung

**Fehlmeinung:** Die Inhalte der Nutzungsvereinbarung sind vom Bauingenieur zu erarbeiten und bilden eine Absicherung seiner Berechnungsannahmen.

**Richtigstellung:** Es liegt im Interesse des Gebäudeeigentümers, generell die Nutzungs- und Schutzziele für das Gebäude mit allen Fachspezialisten klar zu definieren – auch bezüglich Erdbebensicherheit. Die Nutzungsvereinbarung dient als Projektdokument des gemeinsamen Dialogs und wird durch Unterschrift aller Projektverfasser bestätigt.

### Bauvorhaben ohne Bauingenieur

**Fehlmeinung:** Bei der Projektierung von Umbauten und Instandsetzungen ohne massive strukturelle Eingriffe muss im Hinblick auf Erdbebensicherheit kein Bauingenieur beigezogen werden.

**Richtigstellung:** Auch hier ist die frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Architekt und Ingenieur wesentlich und ermöglicht eine rechtzeitige Beurteilung der Erdbebensicherheit. Dies

erlaubt eine gemeinsame Erarbeitung kostengünstiger Massnahmen. Eine spätere Überprüfung kann kostspielige Projektänderungen zur Folge haben.

### Spezialgebiet Erdbebeningenieurwesen

**Fehlmeinung:** Jeder Bauingenieur kann mit der Erdbebenüberprüfung eines bestehenden Gebäudes und der Erarbeitung von Massnahmen beauftragt werden.

**Richtigstellung:** Das Erdbebeningenieurwesen ist ein anspruchsvolles Spezialgebiet innerhalb des Bauingenieurwesens. Zustandsanalyse, rechnerische Beurteilung der Erdbebensicherheit und Ausarbeitung kostengünstiger Massnahmen verlangen Erfahrung und ein vertieftes Verständnis des Erdbebenverhaltens eines Gebäudes. Bei bestehenden Gebäuden sollten deshalb spezialisierte Erdbebeningenieure beauftragt werden.

### Inventarverfahren des Bundes, Stufe 1

**Fehlmeinung:** Vor einem geplanten Umbau oder einer Instandsetzung kann die Stufe 1 des Inventarverfahrens des Bundes zur Beurteilung der Erdbebensicherheit bzw. der Notwendigkeit einer Überprüfung verwendet werden.

**Richtigstellung:** Die Anwendung der Stufe 1 für ein einzelnes Gebäude liefert keine Aussage zur Erdbebensicherheit und ist methodisch nicht korrekt. Das dreistufige Vorgehen zum Inventar der Erdbebensicherheit der bundeseigenen Bauten [5] wurde als kostengünstiges Verfahren zur Priorisierung der kritischen Objekte aus dem Gebäudebestand des Bundes entwickelt. Objekte, die aus der Stufe 1 «herausfallen», sind nicht unbedingt erdbebensicher, sondern nur weniger kritisch als andere, also mit einem geringeren Risiko behaftet.



Wohnhaus von 1960 in Kriessern SG: Die Erdbebensicherheit wurde im Rahmen der Planung von Erhaltungsmaßnahmen durch einen spezialisierten Erdbebeningenieur überprüft und als genügend bewertet.

Bild: T. Wenk, Zürich

## Kosten und Folgen von Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit

**Fehlmeinung:** Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit sind immer sehr kostspielige, massive bauliche Eingriffe.

**Richtigstellung:** Erheblichen Einfluss auf die Kosten haben die konstruktiven Randbedingungen der Massnahmen. Objekte mit günstigen Kosten zeichnen sich durch lokal eng begrenzte bauliche Eingriffe aus, wie zum Beispiel ein Fugenschluss oder eine Verstärkung in nur einem Geschoss. Wenn neue Aussteifungselemente über die ganze Höhe notwendig werden, steigen die Kosten an, insbesondere bei einer erforderlichen zusätzlichen Verstärkung der Foundation. Ein grosser Einfluss auf die Kosten ergibt sich bei Bauwerken, die der Bauwerksklasse III zugeordnet sind, also die höchsten Anforderungen an die Erdbebensicherheit in der Schweiz zu erfüllen haben. Die Beispielsammlung in [4] zeigt Kosten, die von weniger als 1 Prozent bis zu 30 Prozent des Gebäudewerts reichen können. Bei einer wesentlichen Verstärkung eines Gebäudes im Rahmen einer Gesamtanierung sind im Allgemeinen Kosten von 3 bis 8 Prozent des Gebäudewerts zu erwarten.

## Erdbebensicherheit und Honorare

**Fehlmeinung:** Die Problematik der Erdbebensicherheit wird von den Bauingenieuren als neue Honorarquelle benutzt.

**Richtigstellung:** Der Eigentümer haftet für sein Gebäude und hat bezüglich der Gebäudesicherheit in Eigenverantwortung zu handeln und zu entscheiden. Der Bauingenieur ist aufgrund seiner Sorgfaltspflicht zur Einhaltung der SIA-Tragwerksnormen verpflichtet; bei Nichteinhaltung drohen ihm ernsthafte rechtliche Folgen. Das Faltblatt [7] orientiert über die Haftungsfragen.

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

Titelbild:

Verbesserung der Erdbebensicherheit beim Collège de l'Europe in Monthey VS, eine gelungene Zusammenarbeit von Architekt und Bauingenieur mit zeichenhaft umgesetzten Stahlfachwerken.

Bild: Philomène Hoël und Eik Frenzel