

So finden Sie uns im Internet: [www.ssi-ch.info](http://www.ssi-ch.info)

*Erdbebenvorsorge für bestehende Gebäude*

## Vorgehen und Erfahrungen

**Die Schweiz verfügt erst seit 1989 über Normbestimmungen zum erdbebengerechten Bauen. Der Grossteil der bestehenden Gebäude wurde jedoch früher gebaut – ihre Erdbebensicherheit ist deshalb weitgehend unbekannt. Der Bund lässt seit 2000 die bedeutendsten Bundesbauten auf Erdbebensicherheit überprüfen und hat dafür ein dreistufiges Verfahren entwickelt.**

VON BRUKHARD RAST  
UND PETER ZWICKY

**A**nders als internationale Richtlinien, zum Beispiel aus den USA, dient die Schweizer Normenbestimmung nicht nur zur Bestimmung der baulichen Erdbebensicherheit, sondern leistet vor allem einen Beitrag dazu, Prioritäten für weitergehende Untersuchungen und Massnahmen zu setzen. Das macht es besonders geeignet für grössere öffentliche und private Gebäudebestände.

### **Erdbeben – die unterschätzte Gefahr**

Die grösste Naturgefahr in der Schweiz sind Erdbeben: Sie haben zwar nur eine relativ geringe Eintretenswahrscheinlichkeit, das Schadenpotenzial ist jedoch immens. Für ein Beben mit der Stärke 6 auf der Richterskala schätzt der Bund die Schäden auf sieben Milliarden Franken – ein solches Beben tritt statistisch immerhin ein Mal in 100 Jahren auf. Erhöhte Erdbebengefahr besteht im Wallis, in der Region Basel, in der Zentralschweiz, im Engadin und im St.Galler Rheintal. Die geringe Eintretenswahrscheinlichkeit war vermutlich der Grund dafür, dass Erdbeben als Gefahr lange unterschätzt wurden. In der Schweiz wurden erst 1989 erste Normbestimmungen für erdbebengerechtes Bauen erstellt. Rund 90 Prozent aller Gebäude in der Schweiz wurden jedoch früher erstellt – über ihre Erdbebensicherheit lassen sich keine gesicherten Aussagen machen. Ende 2000 verabschiedete der Bundesrat ein erstes



**Für die Schweiz hat das Bundesamt für Umwelt Richtlinien zur Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Gebäude festgelegt. Bedeutende Bundesbauten wie zum Beispiel das Bundesgericht werden nun auf ihre Erdbebensicherheit hin geprüft.**

Massnahmenprogramm zur Erdbebenvorsorge. 2001 wurde die Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge geschaffen. Sie ist heute beim Bundesamt für Umwelt BAFU angesiedelt.

### **Mit gutem Beispiel voran**

Für alle neuen Gebäude setzen die SIA-Normen 260 bis 267 aus dem Jahr 2003 die Standards für die Erdbebensicherheit. Wenn Ingenieur und Architekt gut zusammenarbeiten, kann für rund ein Prozent der Baukosten ein Gebäude erdbebensicher gebaut werden. Diese Normen waren jedoch für die meisten der bestehenden Bauten nicht wirksam. Es ist auch nicht gesetzlich vorgeschrieben, bestehende Bauten auf ihre Erdbebensicherheit

überprüfen zu lassen. Der Bund übernimmt hier eine Vorreiterrolle: In seinen Massnahmenprogrammen legte er fest, dass die Erdbebensicherheit aller bedeutenden Bundesbauten (Bauwerksklassen II und III<sup>1</sup>) in allen vier Erdbebenzonen<sup>2</sup> beurteilt werden sollen. Im Massnahmenplan 2001 bis 2004 wurde mit der Überprüfung

<sup>1</sup> Bauwerksklassen gemäss SIA 261 (2003): BWK III – hat lebenswichtige Infrastrukturfunktion (Lifeline) oder stellt eine erhebliche Gefährdung für die Umwelt dar (z.B. Austritt von Chemikalien), BWK II – Bauwerk mit grösseren Menschenansammlungen, mit besonders wertvollen Gütern oder Einrichtungen oder mit wichtiger Infrastrukturfunktion oder mit lokaler Gefährdung für die Umwelt, BWK I – Bauwerk ohne grössere Menschenansammlungen, ohne besonders wertvolle Güter und Einrichtungen, keine Gefährdung für die Umwelt.

<sup>2</sup> SIA 261 (2003) unterscheidet vier Erdbebenzonen, basierend auf der maximalen horizontalen Bodenbeschleunigung bei einer Referenz-Wiederkehrperiode von 475 Jahren.

von knapp 400 Bundesgebäuden begonnen, im anschliessenden Massnahmenpaket ist die Überprüfung von rund 1500 weiteren Gebäuden vorgesehen. Bei wesentlichen Mängeln sind «unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit der Kosten», Schutzmassnahmen durchzuführen (Bundesratsbeschluss vom 11. Dezember 2000).

### Dreistufiges Prüfverfahren

Die verfügbaren Ressourcen sollen möglichst zielgerichtet und wirksam eingesetzt werden. Zu diesem Zweck hat die Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge ein dreistufiges Prüfverfahren für bestehende Gebäude mit zunehmendem Detaillierungsgrad entwickelt. Es dient dazu, das Risikopotenzial einzelner Gebäude abzuschätzen und darauf basierend Prioritäten für die Massnahmenplanung im gesamten Bundesbestand zu setzen:

### Für die Erdbebenvorsorge gibt es ein dreistufiges Prüfverfahren für bestehende Gebäude.

Stufe 1: Auf der Basis von Architektenplänen oder einer Begehung wird das Erdbebenrisiko eines Gebäudes mittels einer einfachen Checkliste grob bestimmt

(Aufwand ca. drei bis fünf Stunden pro Gebäude). Gebäude mit einem hohen Risikopotenzial werden in Stufe 2 als erste vertieft untersucht.

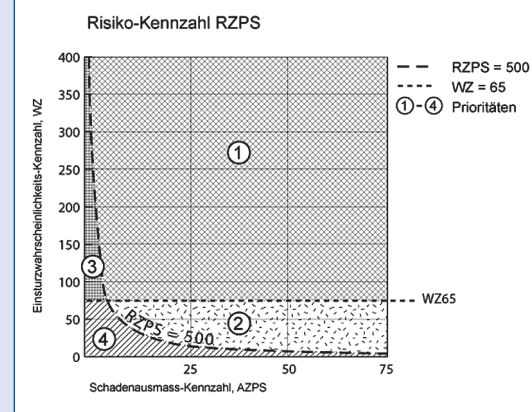
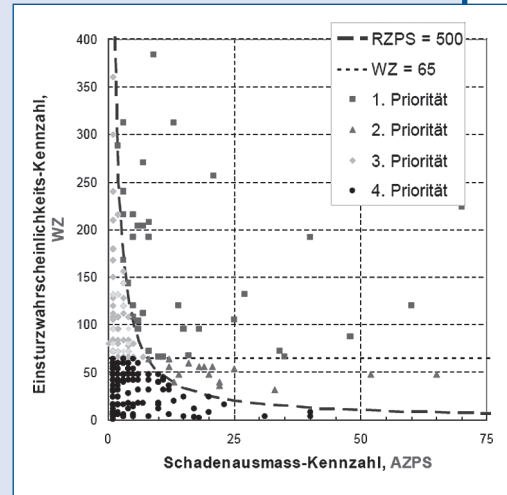
Stufe 2: Gebäude werden möglichst auf der Grundlage von Ingenieurplänen und mit einer Begehung beurteilt. Mit einfachen Ingenieurberechnungen wird die Erdbbensicherheit approximativ überprüft (Aufwand ca. drei bis vier Tage pro Gebäude beziehungsweise pro separat zu beurteilendem Gebäudetrakt).

Stufe 3: Die dritte Stufe wird als erstes für Gebäude durchgeführt, bei denen sich die Erdbbensicherheit mit Stufe 2 als gering herausgestellt hat oder aber für Gebäude, für die konkrete Sanierungs- oder Umbaumaassnahmen geplant sind. Sie umfasst eine vollständige Überprüfung der Erdbbensicherheit auf der Basis des SIA-Merkblatts 2018 (2004) «Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben» (Aufwand eine bis mehrere Wochen pro Gebäude).

Im Folgenden soll vor allem der Einengungsprozess in Stufe 1 und 2 vorgestellt werden.

### Stufe 1: Grobe Abschätzung

Stufe 1 dient einer schnellen und groben Überprüfung eines Gebäudes und kann deshalb nur sehr beschränkt Aussagen zum Tragwerksverhalten und zur Trag-sicherheit machen. Die Ergebnisse dienen



**Prioritätensetzung für weitergehende Abklärungen: Priorität 1 haben Gebäude mit einer Risikokennzahl RZPS von über 500 und einer Einsturzwahrscheinlichkeits-Kennzahl WZ von über 65 (basierend auf dem Bundesinventar 2001 bis 2004).**

# Editorial

## Erdbebenvorsorge

Die Vorstellung, was ein starkes Erdbeben bewirken könnte, ist erschreckend: Das Szenario eines Erdbebens der Stärke 6,5 (Richterskala) im Raum Basel führt in den Modellrechnungen zu über 1000 Todesopfern, etlichen Verletzten und bis zu 50 Mia. Schweizer Franken Sachschaden. Und obwohl Erdbeben in der Schweiz relativ selten sind – zwischen 1750 und 2000 haben sich 26 Erdbeben der Stärke 7 ereignet – stellen sie wegen des grossen Schadensausmasses das bedeutendste Risiko aus Naturgefahren in der Schweiz dar.

Es sind genau solche Szenarien, die in letzter Zeit auch in vielen Risikoanalysen, die im Rahmen des Risikomanagements von Unternehmen gemäss OR 663b manchmal als grösstes unter den «roten» Risiken auftauchen.

Mit «roten» Erdbebenrisiken sind sowohl Risiken gemeint, die den Weiterbestand eines Unternehmens physisch gefährden, wie auch Haftungsrisiken, denen ein Gebäudeinhaber durch Personenschäden ausgesetzt ist. Zudem sind

die durch ein Erdbeben zerstörten Werte nicht in vollem Umfang durch Versicherungen gedeckt.

Um etwas mehr Klarheit in diese Risiken zu bringen, ist in diesem SSI-Bulletin ein stufenweises Vorgehen zur Erdbeben-Risikoermittlung für bestehende Bauten dargestellt. Für neue Bauten sind bereits seit dem Jahr 2003 die aktuellen SIA-Normen 260 bis 267 verfügbar, die es ermöglichen, einen angemessenen Erbebenschutz effizient zu erreichen.

Der Bund geht in der Erdbebenvorsorge schon seit dem Jahr 2000 mit gutem Beispiel voran und auch zahlreiche Kantone treffen Massnahmen zur Erbebensvorsorge. Dieses SSI-Bulletin soll auch die anderen Akteure ermuntern, sich diesem häufig unterschätzten Thema zu widmen.

Dr. Matjaz Ros  
SRB Assekuranz Broker AG

### I M P R E S S U M

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung unabhängiger Sicherheitsingenieure und -berater  
Güstrasse 46, CH-8700 Küsnacht  
Telefon 044 910 73 06  
Fax 044 910 73 96

Erscheinungsweise: Zwei Ausgaben pro Jahr

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Burkhard Rast und Peter Zwicky  
Basler & Hofmann AG, Zürich  
Dr. Matjaz Ros  
SRB Assekuranz Broker AG, Zürich

Layout, Satz und Druck: Rheintaler Druckerei und Verlag AG,  
9442 Berneck

ausschliesslich zur Prioritätensetzung und dies vorwiegend für grosse Gebäudebestände.

Aufgrund einfacher Parameter werden die Schadensausmass-Kennzahl (AZPS) sowie die Einsturzwahrscheinlichkeits-Kennzahl (WZ) für jedes Gebäude abgeschätzt und in einem Diagramm dargestellt (siehe Grafik). Während das Schadensausmass vor allem durch die Nutzung des Gebäudes bestimmt wird, hängt die Einsturzwahrscheinlichkeit primär vom Tragwerk ab. Die Risikokennzahl RZPS ist als Produkt aus AZPS und WZ definiert. Die Isolinien markieren Gebäude mit derselben Risikokennzahl.

Das Diagramm erleichtert die Prioritätensetzung für genauere Abklärungen und gibt erste Hinweise darauf, wie das Risiko reduziert werden kann: Für Gebäude mit hoher WZ ist eine Verstärkung des Tragwerks sinnvoll, ein hohes Schadensausmass könnte mit einer Umnutzung reduziert werden.

### **Stufe 2: Herausforderung Tragwerksabklärung**

In Stufe 2 wird eine vereinfachte Analyse gemäss dem Ersatzkraftverfahren durchgeführt. Anhand von sieben Eignungskriterien, die sich auf die wichtigsten Tragwerkseigenschaften unter Erdbebenwirkung beziehen, wird geprüft, ob dies zulässig ist – falls nicht, ist in der Regel eine Beurteilung nach Stufe 3 nötig. Bei Gebäuden in den Erdbebenzone 2 und 3 ist dieser Entscheid strenger zu handhaben als für solche in Zone 1. Als Ergebnis des Stufe-2-Verfahrens werden wiederum Prioritäten für weitere Massnahmen festgelegt. Die entscheidende Grösse hierfür ist der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{ef}$ . Er ist definiert als der Quotient des Tragwiderstandes eines Bauteils zur entsprechenden Beanspruchung (SIA 2018). Der Erfüllungsfaktor für ein ganzes Gebäude ist der kleinste Wert der Erfüllungsfaktoren aller im Tragsystem berücksichtigten Bauteile. Ist  $\alpha_{eff} < 0,25$  oder sind gravierende Mängel vorhanden, ist die Erdbebensicherheit mit Stufe 3 abzuklären, liegt  $\alpha_{eff}$  zwischen 0,25 und 0,8 wird die Stufe-3-Beurteilung bei einem Umbau oder einer Sanierung durchgeführt.

Die aktuelle Richtlinie für die Stufe 2 (2. Fassung von 2006) wurde bisher noch nicht breit angewandt. Basler & Hofmann arbeitet derzeit im Auftrag der Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge an einer Studie für rund 40 Verwaltungsgebäude in der Erdbebenzone 1. Die Gebäude unter-

scheiden sich stark bezüglich Baujahr und Bauweise. Fast jedes Tragwerk ist ein Unikat. Die Erkennung des Tragwerks erweist sich als der kritische Bearbeitungsschritt. Wegen der nur begrenzt verfügbaren Plangrundlagen (insbesondere fehlen oft Ingenieurpläne) sind die für die Abtragung der Erdbebenkräfte massgebenden Tragwerke in vielen Fällen nur unzureichend klar erlernbar.

In der Stufe 2 muss geklärt werden können, ob ein Gebäude durch Dilatationsfugen in separat zu beurteilende Trakte unterteilt ist, da sonst krasse Fehlurteilungen resultieren könnten. Mit der Stufe 1 können solche Unterteilungen in der Regel nicht erkannt werden. Die meisten der untersuchten Gebäude haben stark unterschiedliche Tragwerke für die Quer- und Längsrichtung. Zudem sind zusammengebaute Gebäude mit stark unterschiedlichen Tragwerkseigenschaften, solche mit komplizierten Tragwerken wegen Umbauten aus verschiedenen Zeitepochen und mit verschiedenen Baustoffen zu beurteilen. Diese Eigenschaften erhöhen den normalen Bearbeitungsaufwand erheblich.

### **Richtlinien im Vergleich**

Einige weltweit tätige Konzerne wie Hewlett Packard fordern auch für ihre europäischen Standorte ein Verfahren nach den Vorgaben der American Society of Civil Engineers (ASCE 31). Der ASCE-Standard wird in den USA für Bundesbauten angewandt. Auch er geht von einem dreistufigen Einengungsverfahren aus. Doch den beiden Vorgehensweisen liegen unterschiedliche Prinzipien zugrunde: Die amerikanische ASCE-Norm gibt strikte Werte vor, die einzuhalten sind. Andernfalls sind Ertüchtigungsmassnahmen gefordert. Anders die Schweizer Richtlinien. Sie sehen neben der technischen Überprüfung

### **Auch der ASCE-Standard in den USA geht von einem dreistufigen Einengungs- verfahren aus.**

immer auch eine Prioritätensetzung für weitere Massnahmen vor und eröffnen damit einen Abwägungsspielraum. Das Ziel ist es, die Ressourcen in einem Gebäudebestand möglichst wirksam zu investieren. Ertüchtigungsmassnahmen werden deshalb unter anderem auch davon abhängig gemacht, welche Kosten mit wel-

# **S S I - Mitgliedfirmen stellen sich vor:**

## **Gruner AG**

Die Gruner-Gruppe ist ein führender und unabhängiger Anbieter von Ingenieur- und Planerleistungen mit rund 21 Standorten in der Schweiz, in Deutschland sowie in Österreich. Das breit gefächerte Leistungsangebot erstreckt sich über die Bereiche Tief-, und Untertagebau, Konstruktion, Energie, Umwelt und Sicherheit. Im Bereich Sicherheit erhalten die Kunden von unseren über 20 Spezialisten unabhängige und neutrale Beratungs- und Planungsleistungen.

Unser Motto:

Profitable Sicherheit zu schaffen – von der Konzeption über die Planung und Ausschreibung bis zur Inbetriebnahme. Dabei steht neben einer hohen fachlichen Kompetenz insbesondere eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit den Kunden im Zentrum.

Unsere Leistungen:

- Risikoanalysen und Sicherheitskonzepte für Organisationen, Unternehmen, Anlagen, Infrastrukturbauten, Verkehrswege
- Brandschutz- und Entrauchungskonzepte
- Brandsimulationen und Entrauchungsnachweise
- Evakuierungskonzepte und Personennstromsimulationen
- Zutritts- und Überwachungskonzepte, Security-Konzepte
- Notfallplanung und Störfallvorsorge
- Einsatzplanung und Katastrophenvorsorge
- Krisenmanagement
- Tunnelsicherheit und Tunnellüftung

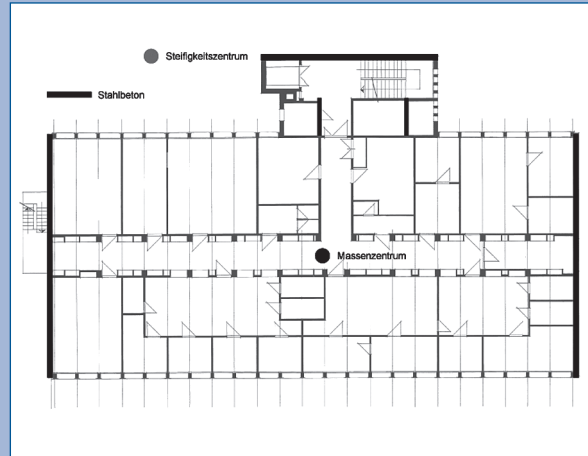
**gruner** >

Gruner AG  
Ingenieure und Planer  
Gellertstrasse 55  
4020 Basel

Tel. +41 (61) 317 61 61  
Kontakt: Jon Mengiardi  
E-Mail: jon.mengiardi@gruner.ch  
www.gruner.ch



## Beispielhafte Anwendung der Stufe 2 für ein Verwaltungsgebäude



*Ansicht Beispielgebäude. Im Grundriss sind die durchgehend tragenden Wände markiert.*

### Grundlagen

- Baujahr 1967, Bauwerksklasse II
- Erdbebenzone 1, Baugrundklasse C
- 7 Geschosse, davon 1 UG
- Rechteckiger Grundriss mit vorgelagertem Treppenhausbereich
- einseitig angrenzendes Nachbargebäude ist durch Fuge abgetrennt
- Tragwerk aus Stahlbeton (Tragwände, Stützen, Decken)

Gemäss dem Stufe-2-Verfahren resultiert beim Beispielgebäude die folgende Beurteilung:

- Die sieben Eignungskriterien sind alle erfüllt, das Kriterium bezüglich Torsion jedoch nur, wenn eine ausreichende Bewehrung zur Aufnahme der Torsionskräfte vorhanden ist.
- Die Anwendung des Ersatzkraftverfahrens ist zulässig. Bei der Verteilung der Kräfte auf die einzelnen kraftabtragenden Wände ist die Torsionswirkung möglichst realistisch zu berücksichtigen.
- Die massgebenden Eigenfrequenzen betragen für die Querrichtung 3,2 Hertz, für die Längsrichtung 1,8 Hertz.
- Der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{\text{eff}}$  beträgt in Quer- und Längsrichtung je 0,3.
- Für das Tragverhalten bei Erdbeben sind die Südfassadenwand (Schubübertragung) und die Treppenhauswand (Biegung) im Erdgeschoss massgebend.

Mit einem Erfüllungsfaktor von  $\alpha_{\text{eff}} = 0,3$  erhält das Gebäude die Einstufung Priorität 2, das heisst, für Sanierungen oder Umbaumaassnahmen wird seine Erdbebensicherheit in Stufe 3 beurteilt.



### Über die Autoren

**Burkhard Rast (l.) und Peter Zwicky** sind Dipl. Bau-Ing. ETH. Sie sind beide als Fachexperten für bauliche Sicherheit bei Basler & Hofmann tätig. Sie verfügen über langjährige und breite Erfahrung im Erdbebeningenieurwesen und in der Beurteilung der baulichen Sicherheit von neuen und bestehenden Bauwerken und Einrichtungen, insbesondere für wichtige Industrie- und Infrastrukturbauten. Zu ihrem Wirkungsfeld als Fachexperten und Projektleiter gehören zahlreiche Grundlagenstudien im Fachgebiet Erdbebensicherheit.

chem Nutzen verbunden sind und wie lange das Gebäude noch genutzt werden wird.

In einem Vergleich zwischen der Stufe 2-Beurteilung nach den amerikanischen und

### Im Schweizer Verfahren wird erst in Stufe 3 über konkrete Massnahmen entschieden.

den Schweizer Vorgaben, anhand des oben aufgeführten Beispielgebäudes, ergeben sich deshalb Unterschiede: Im amerikanischen Verfahren ist aufgrund der bereits in Stufe 2 feststellbaren Mängel keine weitere Vertiefung der Untersuchung in einer dritten Stufe erforderlich, da davon auszugehen ist, dass sie keine weiteren Erkenntnisse bringt. Wenn das Gebäude die ASCE-Standards erfüllen soll, sind Er-

tüchtigungsmassnahmen erforderlich. Im Schweizer Verfahren wird stets erst in Stufe 3 über konkrete Massnahmen entschieden – unter Berücksichtigung weiterer Kriterien.

### Sensibilisierung nötig

Die Erdbebensicherheit bestehender Gebäude ist in der Schweiz im Gegensatz zu den USA oder Japan noch eine relativ junge Disziplin. Es ist durchaus möglich, dass die heutigen Richtlinien aufgrund der Anwendungserfahrungen in Zukunft noch angepasst werden. Eine weitaus grössere Herausforderung als die Weiterentwicklung des Normenwerks besteht jedoch darin, möglichst viele Fachleute und Hausbesitzer für das Thema Erdbebensicherheit zu sensibilisieren. Noch immer sind Erdbeben in der Schweiz die grösste unterschätzte Naturgefahr. ■