

Was kostet Erdbebensicherung von Gebäuden?

Autor(en): **Wenk, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **134 (2008)**

Heft 35: **Erdbebensicher**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-108964>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

WAS KOSTET ERDBEBEN- SICHERUNG VON GEBÄUDEN?

Seit 2003 stellt die Verschärfung der Schweizer Erdbebenbestimmungen das Bauingenieurwesen, insbesondere bei der Ertüchtigung bestehender Bauwerke, vor anspruchsvolle und teilweise neuartige Aufgaben. Neben den konstruktiven Herausforderungen sind auch die finanziellen Folgen der neuen Normengeneration von zentralem Interesse. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie und in welchem Umfang bei Gebäuden Mehrkosten entstehen.

Titelbild

Beim Erdbeben vom 16. Oktober 2006 stürzte der gemauerte Kamin des 1912 erbauten Gasthauses «Manoa Valley Inn» auf Honolulu ein. Die Holzkonstruktion des Hauses blieb trotz dem eingestürzten Kamin und einigen dadurch bedingten Schäden am Obergeschoss und am Dach intakt – dies illustriert das bessere Erdbebenverhalten von «weichen» Strukturen gegenüber steiferen Konstruktionen

(Bild: KEYSTONE/AP PHOTO / Marco Garcia)

Im Jahr 2003 sind die neuen Tragwerksnormen SIA 260 bis SIA 267 auf Grundlage der Eurocodes in Kraft getreten. Dabei wurden die Erdbebenbestimmungen an den Eurocode 8 angepasst, was die Annahme einer erheblich höheren Erdbebeneinwirkung gegenüber früheren Normengenerationen zur Folge hatte. Als Vergleichsgrösse zeigt Bild 1 die Antwortspektren der Verschiebung für elastisches Tragwerksverhalten jeweils in der niedrigsten Erdbebenzone Z1 auf mittelsteifem Boden bzw. auf der Baugrundklasse C gemäss den letzten vier Schweizer Normengenerationen aus den Jahren 1956, 1970, 1989 und 2003. Als Folge der im Allgemeinen höheren Anforderungen stellt sich sowohl bei Neubauten als auch bei bestehenden Gebäuden die Frage nach den Kosten der Erdbebensicherung. Während bei Neubauten dank modernen Konzepten des Erdbebeningenieurwesens wie erdbebengerechten Entwurfsregeln und Kapazitätsbemessung praktisch kostenneutrale Alternativen zu traditionellen Bauweisen zur Verfügung stehen, können bestehende Bauten meist nur mit erheblichen Kosten auf das Anforderungsniveau für Neubauten ertüchtigt werden.

ERDBEBENGERECHTER ENTWURF VON NEUBAUTEN

Bei Neubauten können die Mehrkosten zur Erzielung der normengemässen Erdbebensicherheit auf eine vernachlässigbare Grösse reduziert werden, falls bei der Planung der sogenannte «Miteinander-Entwurf»¹ befolgt wird. Dabei arbeiten Architekt und Ingenieur von der frühen Entwurfsphase an unter Einbezug der Aspekte des erdbebengerechten Entwurfs zusammen. Bei Stahl- oder Stahlbetonbauten entstehen so praktisch keine zusätzlichen Kosten, mit Ausnahme eines gewissen Aufwandes für die erdbebengerechte Planung. Letzterer kann mit zunehmender Erfahrung der Beteiligten jedoch entfallen.

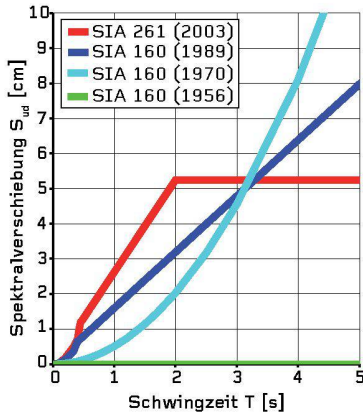
Wichtig ist vor allem, dass die Kriterien der Regelmässigkeit im Grundriss und Aufriss eingehalten werden. Pro Hauptrichtung muss ein über alle Geschosse durchlaufendes Tragsystem mit angepasster Steifigkeit für horizontale Einwirkungen vorhanden sein. Bei einem Tragsystem aus Stahl oder Stahlbeton kann mit einfachen verformungsbasierten Überlegungen gezeigt werden, dass dann die Erdbebenkräfte ohne Mehrkosten abgetragen werden können. Ein unregelmässiger Grund- oder Aufriss kann einen wesentlich grösseren Verformungsbedarf sowie eine ungünstige Konzentration des Verformungsbedarfs auf ein einziges, horizontal weiches Stockwerk (Soft-Story) bewirken. Bei niedriger bis mittlerer Seismizität lassen sich die Erdbebenbeanspruchungen trotzdem aufnehmen, doch werden diese dann für die Dimensionierung klar massgebend und lösen in der Regel Mehrkosten aus.

Gebäude aus unbewehrtem Mauerwerk sind nicht erdbebengerecht, da sie wegen ihrer grossen Steifigkeit ein kleines Verformungsvermögen aufweisen und darum grosse Erdbebenkräfte entstehen. In der Regel werden bei mehrgeschossigen, unbewehrten Mauerwerksgebäuden zwei Stahlbetontragwände pro Hauptrichtung im Grundriss zur Aufnahme der Erdbebenbeanspruchung erforderlich, was mit Mehrkosten gegenüber einer reinen Mauerwerkskonstruktion verbunden ist (Bild 2).

01 Vergleich der Antwortspektren der Verschiebung für elastisches Tragwerksverhalten in der niedrigsten Erdbebenzone Z1 auf mittelsteifem Boden bzw. auf der Baugrundklasse C gemäss den letzten vier Schweizer Normengenerationen (Bilder: Thomas Wenk)

02 Bei mehrgeschossigen, unbewehrten Mauerwerksgebäuden werden in der Regel zwei Stahlbetontragwände pro Hauptrichtung im Grundriss zur Aufnahme der Erdbebenbeanspruchung erforderlich

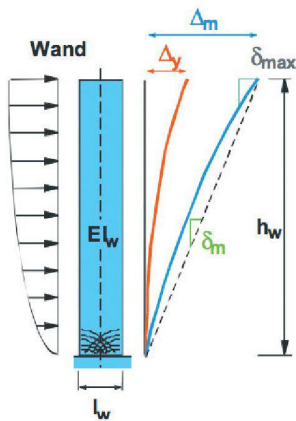
03 Zusammenhang zwischen Schiefstellung, Verschiebeduktilität μ_x und Schlankheit h_w/l_w von Stahlbetontragwänden (gemäss Anm. 3)



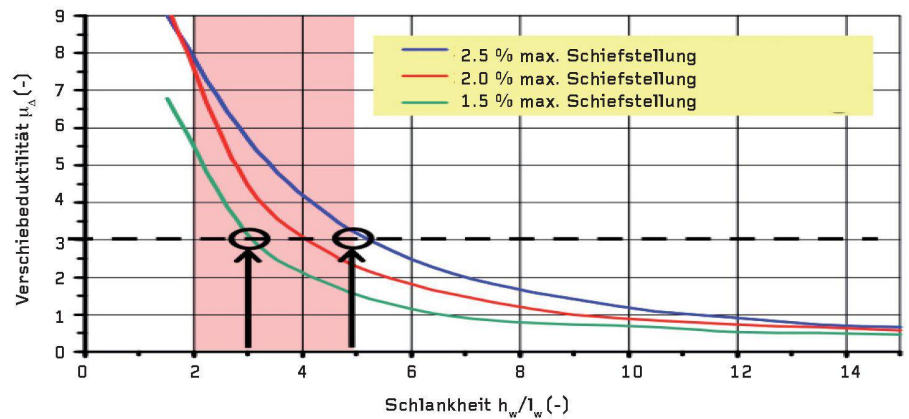
01



02



03



ANGEPASSTE STEIFIGKEIT

Unter den im Folgenden beschriebenen Voraussetzungen können die Erdbebenbeanspruchungen, beispielsweise bei schlanken Stahlbetontragwänden, quasi «gratis» abgetragen werden. Der einfache verformungsbasierte Zusammenhang² zwischen Schiefstellung, Verschiebeduktilität und Schlankheit von Stahlbetontragwänden wurde in Bild 3 für Schweizer Verhältnisse dargestellt.³ Für einen typischen Bereich der Wandschlankheit h_w/l_w zwischen 3 und 5 sowie einer Verschiebeduktilität $\mu_\Delta = \Delta_y/\Delta_m = 3$, wie es duktilem Tragwerksverhalten gemäss der Norm SIA 262 (2003)⁴ entspricht, kann eine maximale Schiefstellung zwischen 1.5% und 2.5% erreicht werden. Bereits ab einer Wandhöhe $h_w = 2\text{m}$ kann folglich bei einer Schiefstellung $\delta_{\max}/h_w = 2.5\%$ eine horizontale Verschiebung von $\delta_{\max} = 5\text{cm}$ erreicht werden. Dies entspricht der maximalen Spektralverschiebung für Zone Z1 (rote Kurve in Abbildung 1). Der Bewehrungsgehalt und die Normalkraft der Wand spielen bei diesen einfachen Überlegungen keine Rolle, solange sie innerhalb der normalen Grenzen liegen. Wichtig ist, dass die Wand genügend schlank ist, d. h. eine angepasste Steifigkeit aufweist, und mit konstanten Querschnittsabmessungen über alle Geschosse verläuft.

Mit aufwendigeren Parameterstudien unter Einbezug der Grundschwingzeit in Abhängigkeit von Steifigkeit und Höhe könnte auch aufgezeigt werden, dass schlanke Stahlbetontragwände mit Minimalbewehrung für ein- oder mehrgeschossige Gebäude in allen Erdbebenzonen der Schweiz ausreichend sind, d. h. die Erdbebenkräfte ohne Mehrkosten abgetragen werden können. Ein Zusatzaufwand könnte einzig für die Fundierung im Baugrund erforderlich werden, insbesondere falls die Kipmomente der Wände nicht über horizontale Kräftepaare, beispielsweise in den Decken, in die Untergeschosse eingeleitet werden können.

KOSTEN BEI NEUBAUTEN

Es sind nur wenige Beispiele von Neubauten bekannt, bei denen seriöse Kostenberechnungen für die Erdbebensicherung durchgeführt worden sind. Für drei vier- bis sechsgeschossige Wohngebäude in der höchsten Erdbebenzone Z3b im Wallis wurden Mehrkosten

Gebäude	Zone	BWK	Kosten in kFr.	Kosten in %	Bauliche Massnahme	Gebäude	Zone	BWK	PB	α_{eff}	α_{int}	Kosten in kFr.	Kosten in Fr./PB
Polizeigebäude in Sion	Z3b	III	11 000	29.0 %	Stahlbetonwände in Anbau	Wohn- und Geschäftshaus in Sion	Z3b	II	85	0.2	1.0	130	1500
Feuerwehrgebäude in Visp	Z3b	III	35	1.8 %	Vorspannung Mauerwerk	Schule ESC in Monthey	Z3a	II	56	0.15	0.8	540	9600
Wohn- und Geschäfts- haus in Sion	Z3b	II	130	2.9 %	Stahlbetonwände	Schule CO in Monthey	Z3a	II	80	0.17	1.0	1850	22 000
Feuerwehrgebäude in Basel	Z3a	III	3000	30.0 %	seismische Isolation	Verwaltungsgebäude in St-Maurice	Z3a	II	2	0.17	0.7	50	25 000
Unterwerk in Basel	Z3a	III	650	5.4 %	Stahlfachwerk	Wohngebäude in Crans-Montana	Z3a	I	6	0.2	1.0	150	25 000
Schule ESC in Monthey	Z3a	II	540	11.0 %	Stahlbetonwände	Mehrzweckhalle in Oberdorf NW	Z2	II	5	0.1	1.0	25	5000
Schule CO in Monthey	Z3a	II	1850	7.7 %	Stahlbetonwände	Schule in Gossau SG	Z1	II	25	0.3	1.0	370	15 000
Verwaltungsgebäude in St-Maurice	Z3a	II	50	3.5 %	Stahlbetonwände	Einkaufszentrum in Freiburg FR	Z1	II	135	0.5	1.0	1700	13 000
Wohngebäude in Crans-Montana	Z3a	I	150	4.2 %	Stahlbetonwände	Kinderklinik Aarau	Z1	II	350	0.1	1.0	900	2600
Mehrzweckhalle in Oberdorf NW	Z2	II	25	0.5 %	Stahlfachwerk	Schule in Zürich	Z1	II	48	0.2	1.1	130	2700
Schule in Gossau SG	Z1	II	370	10.0 %	Bewehrung Mauerwerk	Radiostudio Zürich	Z1	II	150	0.3	1.0	340	2300
Einkaufszentrum in Freiburg FR	Z1	II	1700	7.4 %	Stahlbetonwände	Einkaufszentrum in Winterthur	Z1	II	71	0.2	1.0	120	1700
Kinderklinik Aarau	Z1	II	900	3.8 %	Stahlbetonwände	Schule in Ostermundigen	Z1	II	38	0.24	0.6	140	3700
Schule in Zürich	Z1	II	130	3.3 %	Stahlbetonwände	Verwaltungsgebäude in Dübendorf	Z1	II	80	0.25	1.0	150	1900
Radiostudio Zürich	Z1	II	340	2.3 %	Stahlfachwerk	Schule in Bern	Z1	II	200	0.1	0.5	300	1500
Einkaufszentrum in Winterthur	Z1	II	120	2.2 %	Stahlfachwerk	Hörsaalgebäude HPH, ETH Zürich	Z1	II	200	0.25	1.0	500	2500
Schule in Ostermundigen	Z1	II	140	1.8 %	Verbindungen	Verwaltungsgebäude in Bern	Z1	II	105	0.1	1.0	200	1900
Verwaltungsgebäude in Dübendorf	Z1	II	150	1.5 %	Vorspannung Mauerwerk	Hotel in Bussigny VD	Z1	I	60	0.12	1.0	180	3000
Schule in Bern	Z1	II	300	0.7 %	Fugenschluss								
Hörsaalgebäude HPH, ETH Zürich	Z1	II	500	0.7 %	Stahlfachwerk								
Verwaltungsgebäude in Bern	Z1	II	200	0.4 %	Betondecken								
Hotel in Bussigny VD	Z1	I	180	0.7 %	Stahlbetonwände								

04

04 Mittlere, auf den Gebäudeversicherungswert bezogene relative Kosten der Erdbebenertüchtigung von 22 Gebäuden in Funktion der Erdbebenzone und der Bauwerksklasse

05 Kriterien für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Erdbebenertüchtigungsmassnahmen der Gebäude von Tabelle 4 (ohne BWK III) bezogen auf die mittlere Personenbelegung PB

06 Ein Schulgebäude in Monthey VS wird mit einem neuen, aussen liegenden Liftkern aus Stahlbeton erdbebenertüchtigt

07 Beispiele von Gebäuden in der Schweiz mit absoluten und relativen Kosten der Erdbebenertüchtigung nach Erdbebenzone und Bauwerksklasse (BWK) geordnet

zwischen 1.2% und 2.0% der gesamten Baukosten, bzw. 3.7% bis 6.1% der Rohbaukosten, nachgewiesen.⁵ In diesen Fällen war ursprünglich ein Tragwerk ausschliesslich aus unbewehrten Mauerwerkswänden vorgesehen. Für die Erdbebensicherung mussten einzelne Mauerwerkswände durch Stahlbetontragwände ersetzt werden. Die Mehrkosten werden durch diese etwa 130 Fr./m² teureren Stahlbetontragwände verursacht. Je nach Konkurrenzsituation der Unternehmer können diese Mehrkosten auch geringer sein.

Bei einem weiteren viergeschossigen Wohngebäude in der Zone Z3b kommt dieselbe Untersuchung⁵ auf wesentlich kleinere Mehrkosten von nur 0.3% der gesamten Baukosten, bzw. 0.9% der Rohbaukosten, da in diesem Fall vom Architekten sowieso geplante Stahlbetonwände für die Abtragung der Erdbebenkräfte herangezogen werden konnten. Alle vier Neubauten wurden nicht entsprechend dem «Miteinander-Entwurf» geplant. Trotzdem erreichten die Mehrkosten der Erdbebensicherung im Mittel nur wenig mehr als 1% der gesamten Baukosten.

Eine nachträgliche Untersuchung von fünf Verwaltungsgebäuden des Bundes ergab, dass die Mehrkosten der Erdbebensicherung maximal 0.3% der gesamten Baukosten betragen.⁶ Es handelt sich um fünf- bis sechsgeschossige Stahlbetonskelettbauten der Bauwerksklasse II auf Baugrundklasse C in der Erdbebenzone Z1, die in den Jahren 1994 bis 2002 erstellt worden sind. Auch bei der Planung dieser Neubauten wurden die erdbebengerechten Entwurfsregeln und insbesondere der «Miteinander-Entwurf» nicht befolgt. Die aufgeführten Fallbeispiele zeigen, dass auch bei Nichteinhaltung des erdbebengerechten Entwurfs nur mit Mehrkosten von wenigen Prozenten der Baukosten zu rechnen ist.

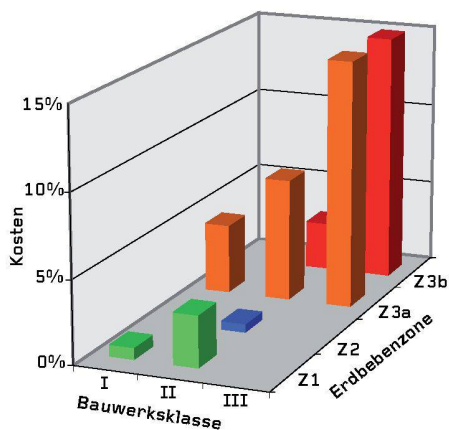
ERDBEBENSICHERUNG BESTEHENDER BAUTEN

Werden aufgrund älterer Normen bemessene Bauten gemäss den neuen Tragwerksnormen SIA 260 bis SIA 267 überprüft, können die erforderlichen Nachweise der Erdbebensicherheit oft nicht erbracht werden. Die Regeln des erdbebengerechten Entwurfs sind in den meisten Fällen nicht erfüllt, und im Gegensatz zu Neubauten kann die nachträgliche Erdbebensiche-

05



06



07

rung mit erheblichen Kosten verbunden sein. Neben den vertikalen Tragelementen können bei älteren Gebäuden auch die Holzdecken und insbesondere die Verbindungen zwischen Decken und Wänden problematisch sein.

In Bild 4 sind die wichtigsten Daten zu 22 Beispielen von in den letzten Jahren in der Schweiz ausgeführten Erdbebenertüchtigungen bei Gebäuden zusammengestellt. Neben der Erdbebenzone und der Bauwerksklasse (BWK I: gewöhnliches Gebäude, BWK II: Schule, öffentliche Verwaltung, Einkaufszentrum, BWK III: Lifeline-Gebäude) sind die Kosten der Erdbebenertüchtigung absolut in Franken und relativ zum Gebäudeversicherungswert angegeben. In der letzten Spalte befindet sich ein Stichwort zur Beschreibung der wichtigsten zur Erdbebenertüchtigung ausgeführten baulichen Massnahmen.

Die relativen Kosten für die 22 Beispiele variieren sehr stark von 0.4% bis 30% des Gebäudeversicherungswerts. Kostenfaktoren sind sicher die Erdbebenzone und die Bauwerksklasse. Aufgeschlüsselt nach diesen beiden Faktoren sind die mittleren relativen Kosten in % in Bild 7 dargestellt. Wie erwartet, ist ein genereller Trend zunehmender Kosten mit höherer Erdbebenzone und Bauwerksklasse festzustellen, wobei sich die Bauwerksklasse stärker auswirkt. Die meisten Werte des Säulendiagramms beruhen aber nur auf ein bis zwei Beispielen. Einzig bei der Kombination von Bauwerksklasse II mit Erdbebenzone Z1 ist der Durchschnittswert aus elf Beispielen mit relativen Erdbebenertüchtigungskosten von 3.1% des Gebäudeversicherungswerts einigermaßen aussagekräftig. Werden ferner die beiden Gebäude mit hohen relativen Kosten in Bild 4 (Gymnasium in Gossau und Einkaufszentrum in Freiburg) weggelassen, ergibt sich ein Durchschnittswert aus neun Beispielen der Bauwerksklasse II in Erdbebenzone Z1 mit relativen Erdbebenertüchtigungskosten von im Mittel 1.9% des Gebäudeversicherungswerts.

Konstruktive Randbedingungen der Erdbebenertüchtigung haben offensichtlich einen stärkeren Einfluss auf die Kosten als Erdbebenzone, Bauwerksklasse oder auch Baugrundklasse. Kann der bauliche Eingriff auf wenige Stellen im Gebäude eingegrenzt werden, wie beispielsweise auf eine Wand in einem Geschoss, können die Kosten niedrig gehalten

werden, wie etwa beim Hörsaalgebäude HPH der ETH Zürich mit Kosten von nur 0.7 % des Gebäudewerts. Wenn jedoch neue Tragelemente über die ganze Höhe eingezogen werden müssen, steigen die Kosten rasch an, insbesondere wenn zusätzlich noch die Foundation verstärkt werden muss (Bild 6). Beispiele dafür sind die drei Gebäude mit neuen Stahlbetonwänden und Kosten von 10 % des Gebäudewerts und mehr in Bild 4.

VERHÄLTNISSMÄSSIGKEIT DER KOSTEN

Aufgrund von Kosten-Risiko-Überlegungen ist es nicht immer sinnvoll, bestehende Bauten auf das gleiche Sicherheitsniveau wie Neubauten zu ertüchtigen. Das Merkblatt SIA 2018⁷ «Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben» berücksichtigt explizit die Verhältnismässigkeit der Kosten einer Ertüchtigungsmassnahme über die sogenannte Rettungseffizienz. Die wichtigsten drei Parameter sind dabei die mittlere Personenbelegung PB, der Erfüllungsfaktor α_{eff} als Quotient aus normengemässen Widerstand im Istzustand und normengemässen Auswirkung der Bemessungssituation Erdbeben sowie der Erfüllungsfaktor α_{int} nach Realisierung der betrachteten Ertüchtigungsmassnahme.

Ausgehend von einer typischen Restnutzungsdauer von 50 Jahren ergeben sich gemäss SIA 2018 verhältnismässige Ertüchtigungskosten bis zu 3000 Fr. pro Person, falls $\alpha_{\text{eff}}=0.25$ ist. Bei einem noch kleineren Erfüllungsfaktor steigen sie aufgrund des Kriteriums der Zumutbarkeit rasch an auf beispielsweise 52000 Fr. pro Person für $\alpha_{\text{eff}}=0.15$. In Bild 5 sind die 18 Gebäude der Bauwerksklassen I und II aus Bild 4 mit den wichtigsten Kriterien für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Erdbebenertüchtigungsmassnahmen zusammengestellt (vergleiche dazu auch TEC21 8/2006, S. 14–18).

Es zeigt sich, dass die Kosten pro Person der mittleren Personenbelegung PB des Gebäudes meist unter diesen Grenzwerten gemäss SIA 2018 liegen, d. h., dass jeweils eine günstige bauliche Massnahme gefunden wurde, um eine akzeptable Erdbebensicherheit zu erreichen. Die vier Gebäude in der Bauwerksklasse III in Bild 4 wurden weggelassen, da bei solchen Lifeline-Gebäuden neben der Personenbelegung zusätzliche Kriterien zu berücksichtigen sind.

Die beiden Gebäude mit den höchsten Kosten pro Person (Gymnasium in Gossau und Einkaufszentrum in Freiburg in Bild 4) wurden in den Jahren 2001 bzw. 2002 ertüchtigt, d. h. vor Erscheinen des Merkblatts SIA 2018⁷ mit den erwähnten Kriterien der Verhältnismässigkeit. Deren Erfüllungsfaktoren beziehen sich auf die frühere Norm SIA 160 aus dem Jahre 1989. Durch die neuen Kriterien der Verhältnismässigkeit werden die Kosten der Erdbebensicherung bei bestehenden Bauten in den meisten Fällen auf wenige Prozente des Gebäudewertes begrenzt. Aus den hier betrachteten Kosten einzelner erdbebenertüchtigter Gebäude kann nicht direkt auf die Kosten beim gesamten Gebäudebestand geschlossen werden, da bei einem grösseren Teil der bestehenden Bauten der Istzustand als genügend erdbebensicher akzeptiert werden kann und sich bauliche Massnahmen erübrigen.

Thomas Wenk, Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH/SIA, Wenk Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik GmbH Zürich, wenk@member-sia.ch

Anmerkungen

1 Bachmann, H.: Erdbebegerechter Entwurf von Hochbauten – Grundsätze für Ingenieure, Architekten, Bauherren und Behörden. Richtlinie des Bundesamts für Wasser und Geologie (BWG), Biel 2002

2 Priestley, M.J.N., Calvi G. M., Kowalsky M.J.: Displacement-Based Seismic Design of Structures. IUSS Press, Pavia 2007

3 Dazio, A.: Vorlesung «Erdbebensicherung von Bauwerken I», Kapitel 7: Bemessung und konstruktive Durchbildung von Hochbauten. Institut für Baustatik und Konstruktion IBK, ETH Zürich, 2007. www.ibk.ethz.ch/da/education/EB1

4 SIA 262, 2003. Betonbauten. Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich

5 Peruzzi, R., Mittaz, X.: Surcoûts du parasismique – Exemples construits. In: Tagungsband «Sécurité parasismique des bâtiments: Aspects techniques, juridiques et bancaires, liens économiques et exemples pratiques», Sion 30. September 2005, S. 1–25, 2005

6 Duvernay, B., Anliker, E. M.: Kostenauswirkungen durch In-Kraft-Treten der neuen Tragwerksnormen SIA 260 bis 267 für repräsentative Verwaltungsgebäude aus Stahlbeton des Bundes. Bauingenieur 81, S. 57–71, 2006

7 SIA 2018, 2004. Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben. Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich