

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 134 (2008)
Heft: 35: Erdbebensicher

Artikel: Was kostet Erdbebensicherung von Gebäuden?
Autor: Wenk, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108964>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

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.

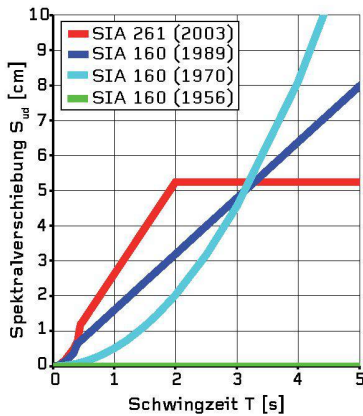
Wichtig ist vor allem, dass die Kriterien der Regelmässigkeit im Grundriss und Aufriss eingehalten werden. Pro Hauptrichtung muss ein über alle Geschosse durchlaufendes Tragsystem mit angepasster Steifigkeit für horizontale Einwirkungen vorhanden sein. Bei einem Tragsystem aus Stahl oder Stahlbeton kann 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

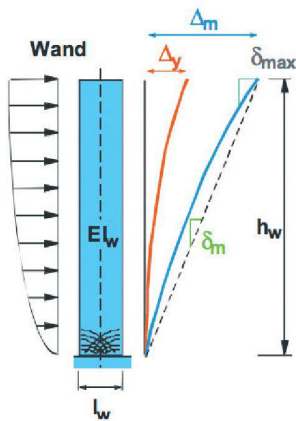
03 Zusammenhang zwischen Schiefstellung, Verschiebeduktilität μ_x und Schlankheit h_w/l_w von Stahlbetontragwänden (gemäss Anm. 3)



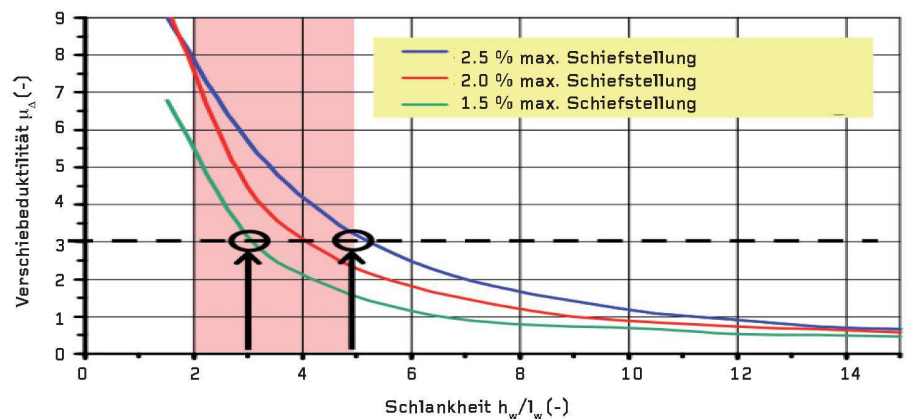
01



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 $h_w = 2$ m kann folglich bei einer Schiefstellung $\delta_{max}/h_w = 2.5\%$ eine horizontale Verschiebung von $\delta_{max} = 5$ 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 Grundschiebung in Abhängigkeit von Steifigkeit und Höhe könnte auch aufgezeigt werden, dass schlanken 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 Kippmomente 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 Erdbbensicherung durchgeführt worden sind. Für drei vier- bis sechsgeschossige Wohngebäude in der höchsten Erdbbenzone Z3b im Wallis wurden Mehrkosten

| Gebäude | Zone | BWK | Kosten in kFr. | Kosten in % | Bauliche Massnahme |
|--------------------------------------|------|-----|-------------------|----------------|-----------------------------|
| Polizeigebäude in Sion | Z3b | III | 11 000 | 29.0 % | Stahlbetonwände in Anbau |
| Feuerwehrgebäude in Visp | Z3b | III | 35 | 1.8 % | Vorspannung Mauerwerk |
| Wohn- und Geschäfts- haus in Sion | Z3b | II | 130 | 2.9 % | Stahlbetonwände |
| Feuerwehrgebäude in Basel | Z3a | III | 3000 | 30.0 % | seismische Isolation |
| Unterwerk in Basel | Z3a | III | 650 | 5.4 % | Stahlfachwerk |
| Schule ESC in Monthey | Z3a | II | 540 | 11.0 % | Stahlbetonwände |
| Schule CO in Monthey | Z3a | II | 1850 | 7.7 % | Stahlbetonwände |
| Verwaltungsgebäude in St-Maurice | Z3a | II | 50 | 3.5 % | Stahlbetonwände |
| Wohngebäude in Crans-Montana | Z3a | I | 150 | 4.2 % | Stahlbetonwände |
| Mehrweckhalle in Oberdorf NW | Z2 | II | 25 | 0.5 % | Stahlfachwerk |
| Schule in Gossau SG | Z1 | II | 370 | 10.0 % | Bewehrung Mauerwerk |
| Einkaufszentrum in Freiburg FR | Z1 | II | 1700 | 7.4 % | Stahlbetonwände |
| Kinderklinik Aarau | Z1 | II | 900 | 3.8 % | Stahlbetonwände |
| Schule in Zürich | Z1 | II | 130 | 3.3 % | Stahlbetonwände |
| Radiostudio Zürich | Z1 | II | 340 | 2.3 % | Stahlfachwerk |
| Einkaufszentrum in Winterthur | Z1 | II | 120 | 2.2 % | Stahlfachwerk |
| Schule in Ostermundigen | Z1 | II | 140 | 1.8 % | Verbindungen |
| Verwaltungsgebäude in Dübendorf | Z1 | II | 150 | 1.5 % | Vorspannung Mauerwerk |
| 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

| Gebäude | Zone | BWK | PB | α_{eff} | α_{int} | Kosten in kFr. | Kosten in Fr./PB |
|-------------------------------------|------|-----|-----|----------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Wohn- und Geschäftshaus in Sion | Z3b | II | 85 | 0.2 | 1.0 | 130 | 1500 |
| Schule ESC in Monthey | Z3a | II | 56 | 0.15 | 0.8 | 540 | 9600 |
| Schule CO in Monthey | Z3a | II | 80 | 0.17 | 1.0 | 1850 | 22000 |
| Verwaltungsgebäude in St-Maurice | Z3a | II | 2 | 0.17 | 0.7 | 50 | 25000 |
| Wohngebäude in Crans-Montana | Z3a | I | 6 | 0.2 | 1.0 | 150 | 25000 |
| Mehrweckhalle in Oberdorf NW | Z2 | II | 5 | 0.1 | 1.0 | 25 | 5000 |
| Schule in Gossau SG | Z1 | II | 25 | 0.3 | 1.0 | 370 | 15000 |
| Einkaufszentrum in Freiburg FR | Z1 | II | 135 | 0.5 | 1.0 | 1700 | 13000 |
| Kinderklinik Aarau | Z1 | II | 350 | 0.1 | 1.0 | 900 | 2600 |
| Schule in Zürich | Z1 | II | 48 | 0.2 | 1.1 | 130 | 2700 |
| Radiostudio Zürich | Z1 | II | 150 | 0.3 | 1.0 | 340 | 2300 |
| Einkaufszentrum in Winterthur | Z1 | II | 71 | 0.2 | 1.0 | 120 | 1700 |
| Schule in Ostermundigen | Z1 | II | 38 | 0.24 | 0.6 | 140 | 3700 |
| Verwaltungsgebäude in Dübendorf | Z1 | II | 80 | 0.25 | 1.0 | 150 | 1900 |
| Schule in Bern | Z1 | II | 200 | 0.1 | 0.5 | 300 | 1500 |
| Hörsaalgebäude HPH, ETH Zürich | Z1 | II | 200 | 0.25 | 1.0 | 500 | 2500 |
| Verwaltungsgebäude in Bern | Z1 | II | 105 | 0.1 | 1.0 | 200 | 1900 |
| Hotel in Bussigny VD | Z1 | I | 60 | 0.12 | 1.0 | 180 | 3000 |

05

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 Erdbekräfte 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.

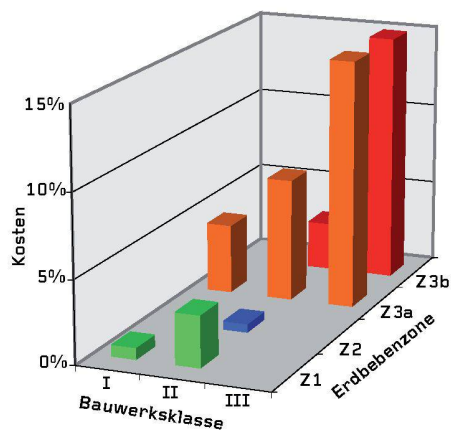
Eine nachträgliche Untersuchung von fünf Verwaltungsgebäuden des Bundes ergab, dass die Mehrkosten der Erdbebensicherung maximal 0.3% der gesamten Baukosten betragen.⁶ Es handelt sich um fünf- bis sechsgeschossige Stahlbetonskelettbauten der Bauwerksklasse II auf Baugrundklasse C in der Erdbebenzone 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-



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 Fundation 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 P_B , der Erfüllungsfaktor α_{eff} als Quotient aus normengemässigem Widerstand im Istzustand und normengemässiger 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 $\alpha_{eff}=0.25$ ist. Bei einem noch kleineren Erfüllungsfaktor steigen sie aufgrund des Kriteriums der Zumutbarkeit rasch an auf beispielsweise 52000 Fr. pro Person für $\alpha_{eff}=0.15$. 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 P_B 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.

Anmerkungen

1 Bachmann, H.: Erdbebengerechter 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

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