

# Verhältnismässigkeit und Zumutbarkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen

Ehrfried Kölz

*Risk&Safety AG, Schweiz*

Prof. Thomas Vogel

*ETH Zürich, Schweiz*

**ZUSAMMENFASSUNG:** 2004 hat der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) das Merkblatt SIA 2018 „Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben“ herausgegeben. Im Beitrag wird zunächst das Konzept von SIA 2018 dargestellt. In der Folge wird die Anwendung des Merkblatts beleuchtet. Anschliessend wird auf die Akzeptanz des Merkblatts bei Ingenieuren und Architekten eingegangen und es wird dargestellt, wann das Merkblatt zur Anwendung kommt. Als Fazit kann festgestellt werden, dass das Merkblatt sowohl von den Anwendern als auch von den betroffenen Eigentümern von Gebäuden sehr gut aufgenommen wurde und dazu beigetragen hat, dass die Erdbebensicherheit in der Schweiz auch bei bestehenden Bauten mehr und mehr berücksichtigt wird.

## 1. EINLEITUNG

1989 hat der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) die ersten fortschrittlichen Erdbebenbestimmungen herausgegeben. Seit damals war die bei einem bestehenden Gebäude erforderliche Erdbebensicherheit stets eine kontroversiell diskutierte Angelegenheit. Die einen vertraten den Standpunkt, dass bestehende Bauten den gleichen Massstäben zu genügen hätten, wie Neubauten. Die anderen argumentierten, dass die Sicherheit genügend sei, wenn die im Zeitpunkt der Erstellung gültigen Regeln eingehalten wurden.

Die Situation hat sich mit der Einführung von Eurocode-kompatiblen Normenbestimmungen 2003 wesentlich verschärft. Aus diesem Grund hat der SIA 2004 mit dem Merkblatt 2018 „Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben“ einheitliche Regeln für die Beurteilung bestehender Bauten herausgegeben. Mit den in SIA 2018 enthaltenen Regeln wird das anzustrebende Sicherheitsniveau davon abhängig gemacht, wie effizient die eingesetzten Mittel die Risiken zu reduzieren vermögen. Die Normen des SIA haben im Allgemeinen keinen unmittelbar rechtsverbindlichen Charakter. Rechtsverbindlich werden die Normen des SIA dadurch, dass sie die anerkannten Regeln der Baukunde in der Schweiz darstellen. Das Einhalten der anerkannten Regeln der Baukunde ist gesetzlich vorgeschrieben. Die Mehrheit der Juristen geht heute davon aus, dass die in SIA 2018 enthaltenen Regeln anzuwenden sind.

## 2. DAS MERKBLATT SIA 2018

### 2.1 KONZEPT VON SIA 2018

Das Merkblatt SIA 2018 baut auf den Tragwerksnormen für Neubauten auf. Im Rahmen der Zustandserfassung ist zunächst der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff}$  zu ermitteln. Der Erfüllungsfaktor ist definiert als Quotient der Erdbebenkapazität des bestehenden Tragwerks und der entsprechenden normgemässen Anforderung an das selbe Tragwerk, wenn es neu zu erstellen wäre.

$$\alpha_{eff} = \frac{R_d}{E_d}$$

$\alpha_{eff}$  Erfüllungsfaktor  
 $R_d$  Bemessungswert des Tragwiderstands  
 $E_d$  Bemessungswert der Einwirkung

Die Ermittlung des Erfüllungsfaktors wird in SIA (2005) beschrieben. Der entscheidende Punkt beim Merkblatt SIA 2018 ist der, dass nicht verlangt wird, der Erfüllungsfaktor müsse wie bei einem Neubau mindestens 1 betragen. Vielmehr wird im Merkblatt der erforderliche Erfüllungsfaktor mit Hilfe eines risikobasierten Ansatzes festgelegt.

### 2.2 RISIKOBASIRTER ANSATZ VON SIA 2018

Gemäss SIA 2018 sind Massnahmen grundsätzlich zu ergreifen, wenn die Gefährdung für den einzelnen Menschen durch einen erdbebenbedingten Einsturz eines Gebäudes nicht akzeptierbar ist. Dies ist gemäss SIA 2018 der Fall, wenn die Wahrscheinlichkeit für den einzelnen Menschen durch einen erdbebenbedingten Einsturz des zu überprüfenden Gebäudes ums Leben zu kommen grösser als 1/100'000 pro Jahr ist. Massnahmen müssen in diesem Fall nur dann nicht ergriffen werden, wenn sie nach den Festlegungen von SIA 2018 nicht zumutbar sind. Wenn ein Mindestmass an Sicherheit erreicht und damit die Gefährdung des einzelnen Menschen akzeptierbar wird, müssen Massnahmen nur dann ergriffen werden, wenn sie verhältnismässig sind. Ob Massnahmen zumutbar respektive verhältnismässig sind, wird rechnerisch mit Hilfe der so genannten Rettungskosten beurteilt. Die Rettungskosten  $RK_M$  lassen sich aus dem Quotienten der zu einer Massnahme gehörenden Sicherheitskosten  $SK_M$  und der durch die Massnahme erzielbaren Personenrisikoreduktion  $\Delta R_M$  ermitteln:

$$RK_M = \frac{SK_M}{\Delta R_M}$$

$RK_M$  Rettungskosten der Massnahme  
 $SK_M$  Sicherheitskosten der Massnahme  
 $\Delta R_M$  Risikoreduktion durch die Massnahme

Die Einheit der Rettungskosten ist „Franken pro gerettetes Menschenleben“. Jeder vermiedene Todesfall ist ein gerettetes Menschenleben. Massnahmen gelten als zumutbar,

wenn sie zu Rettungskosten führen, die kleiner als Fr. 100 Mio. (€67 Mio.) pro gerettetes Menschenleben sind. Verhältnismässig sind Massnahmen, wenn die Rettungskosten weniger als Fr. 10 Mio. (€6.7 Mio.) pro gerettetes Menschenleben betragen.

### 2.3 MASSNAHMENEMPFEHLUNG

Nach SIA 2018 soll ein möglichst normenkonformer Zustand angestrebt werden. Die Massnahmenempfehlung hängt jedoch von der Höhe des erzielten effektiven Erfüllungsfaktors sowie der Zumutbarkeit und Verhältnismässigkeit der Massnahmen ab. Grundsätzlich können drei Fälle unterschieden werden. Die Fälle 1 und 2 sind in der Abbildung 1 dargestellt. Der in der Abbildung erkennbare minimale Reduktionsfaktor legt das mindestens zu erreichende Niveau des Erfüllungsfaktors fest. Für Gebäude der Bauwerksklassen I (z.B. Wohngebäude, Bürogebäude) und II (z.B. Schulen) ist er bei 0.25 festgelegt. Wenn der Erfüllungsfaktor unter diesem Wert liegt, ist die Gefährdung für den einzelnen Menschen nicht akzeptierbar. Für Gebäude der Bauwerksklasse III (z.B. Akutspitäler, Einsatzzentralen der Polizei) ist der minimale Reduktionsfaktor bei 0.40 festgelegt und definiert hiermit die Anforderung an die Verfügbarkeit des betroffenen Gebäudes. Der minimale Reduktionsfaktor ist unabhängig von der Restnutzungsdauer.

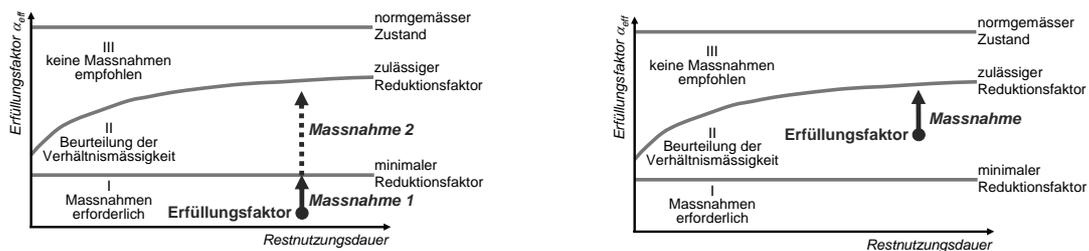


Abbildung 1: Massnahmenempfehlung Fall 1 (links), Fall 2 (rechts)

Beim Fall 1 ist der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff}$  kleiner als der minimale Reduktionsfaktor  $\alpha_{min}$  ( $\alpha_{eff} < \alpha_{min}$ ). In diesem Fall ist zunächst eine Massnahme 1 zu bestimmen, die zum Erreichen des minimalen Reduktionsfaktors nötig ist. Wenn die Rettungskosten dieser Massnahme 1 kleiner als Fr. 100 Mio. pro gerettetes Menschenleben sind, dann ist die Massnahme zumutbar und sie muss umgesetzt werden. Im Weiteren ist eine ergänzende möglichst effiziente Massnahme 2 zu suchen, welche das Risiko weiter reduziert. Wenn diese Massnahme 2 verhältnismässig ist (Rettungskosten kleiner als 10 Mio. Fr pro gerettetes Menschenleben), muss auch sie umgesetzt werden.

Beim Fall 2 ist der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff}$  gleich gross wie oder grösser als der minimale Reduktionsfaktor  $\alpha_{min}$ , jedoch kleiner als der zulässige Reduktionsfaktor  $\alpha_{adm}$  ( $\alpha_{min} \leq \alpha_{eff} < \alpha_{adm}$ ). Der zulässige Reduktionsfaktor grenzt den Bereich, in welchem sich verhältnismässige Rettungskosten finden lassen ab von dem Bereich, in dem sich keine verhältnismässigen Rettungskosten mehr finden lassen. Der zulässige Reduktionsfaktor ist im Gegensatz zum minimalen Reduktionsfaktor abhängig von der Restnutzungsdauer. Je kürzer die Restnutzungsdauer ist, desto kleiner wird der Bereich in welchem sich verhältnismässige Rettungskosten finden lassen, weil die jährliche Last

der Massnahmenkosten immer grösser wird. Im Fall 2 ist eine effiziente Massnahme zu suchen, die umzusetzen ist, wenn sie verhältnismässig ist.

Beim Fall 3 (Abbildung 2) ist der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff}$  gleich gross oder grösser als der zulässige Reduktionsfaktor  $\alpha_{adm}$  ( $\alpha_{adm} \leq \alpha_{eff}$ ). In diesem Fall müssen keine Massnahmen ergriffen werden, weil sich keine verhältnismässigen Massnahmen finden lassen. Wenn der Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff}$  sogar gleich gross oder grösser ist als eins, dann ist das betroffene Gebäude genauso sicher wie ein normenkonformer Neubau.

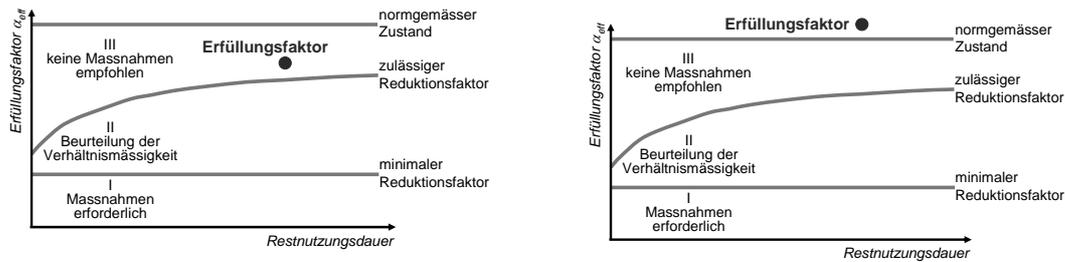


Abbildung 2: Fall 3

### 3 ANWENDUNG DES MERKBLATTS SIA 2018

#### 3.1 ANWENDUNGSBEISPIEL

Anhand eines Beispiels soll nachfolgend die Anwendung des risikobasierten Konzepts von SIA 2018 gezeigt werden. Betrachtet wird ein 6-geschossiges Gebäude, dessen Tragsystem aus Mauerwerkswänden und Stahlbetondecken besteht. Das Gebäude beherbergt Büros für 100 Mitarbeiter. Die rechnerische Überprüfung ergibt:

$$\alpha_{eff} = \frac{R_d}{E_d} = 0.1$$

Es handelt sich um den im Kapitel 2.3 beschriebenen Fall 1. Eine effiziente Erdbebensicherheitsmassnahme (M1) erreicht den minimalen Reduktionsfaktor bei Kosten von rund Fr. 100'000.- (€ 67'000.-). Damit lassen sich die Sicherheitskosten  $SK_{M1}$  dieser Massnahme berechnen zu

$$SK_{M1} = SIK_{M1} \cdot DF = SIK_{M1} \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 100'000. \cdot \frac{0.02(1+0.02)^{30}}{(1+0.02)^n - 1} = 100'000 \cdot 0.045 = 4'500 \text{ Fr. / Jahr}$$

- $SK_{M1}$  Sicherheitskosten der Massnahme 1
- $SIK_{M1}$  sicherheitsbezogene Investitionskosten der Massnahme 1
- $DF$  Diskontierungsfaktor
- $n$  Restnutzungsdauer (gemäss Absprache mit Eigentümer)
- $i$  Diskontzinssatz (normativ festgelegt bei 2%)

Die oben stehende Formel zeigt, wie die Restnutzungsdauer in die Berechnung einfließt. Es gilt: je länger die Restnutzungsdauer, desto geringer die Sicherheitskosten.

Zur Abschätzung der durch die Massnahme erwirkten Risikoreduktion wird die in SIA 2018 enthaltene Beziehung zwischen Erfüllungsfaktor und Risikofaktor (dargestellt in Abbildung 3) benutzt.

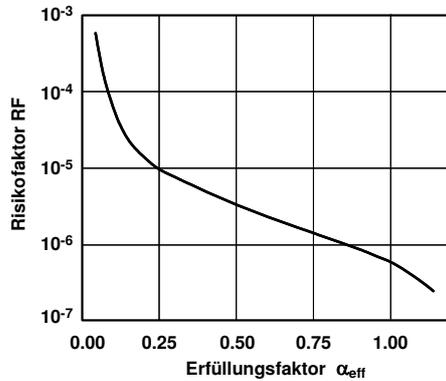


Abbildung 3: Beziehung für Risikoabschätzung

Die Risikoreduktion  $\Delta R_{M1}$  bestimmt sich mit Hilfe der in Abbildung 3 enthaltenen Beziehung wie folgt

$$\begin{aligned} \Delta R_{M1} &= (RF(\alpha_{eff}) - RF(\alpha_{int})) \cdot PB = (RF(0.1) - RF(0.25)) \cdot \frac{1}{8760} \sum_i B_i \cdot h_i \cdot d_i \cdot w_i = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} - 10 \cdot 10^{-6}) \cdot \frac{1}{8760} \cdot 100 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 48 = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 22 = \\ &= 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ gerettete Menschenleben / Jahr} \end{aligned}$$

$\Delta R_{M1}$  Risikoreduktion durch die Massnahme 1

$RF$  Risikofaktor

$\alpha_{eff}$  Erfüllungsfaktor im Ausgangszustand

$\alpha_{int}$  Erfüllungsfaktor durch die Massnahme 1

$PB$  Anzahl der Personen die sich im Mittel eines Jahres im Gebäude aufhalten

$B_i$  Anzahl der Personen die bei einer bestimmten Belegung  $i$  anwesend sind

$h_i$  Anzahl Stunden pro Tag

$d_i$  Anzahl Tage pro Woche

$w_i$  Anzahl Wochen pro Jahr

Die Rettungskosten der Massnahme 1 werden schliesslich wie folgt bestimmt:

$$RK_{M1} = \frac{SK_{M1}}{\Delta R_{M1}} = \frac{4'500}{1.1 \cdot 10^{-3}} = 4 \text{ Mio. Fr. / gerettetes Menschenleben}$$

$RK_{M1}$  Rettungskosten der Massnahme 1

$SK_{M1}$  Sicherheitskosten der Massnahme 1

$\Delta R_{M1}$  Risikoreduktion durch die Massname 1

Diese Massnahme ist gemäss SIA 2018 zumutbar und sogar verhältnismässig und muss umgesetzt werden. Eine weitergehende Massnahme 2 zur Annäherung an den normgemässen Zustand kostet nochmals Fr. 100'000.- und erreicht einen Erfüllungsfaktor von 0.5. Die Risikoreduktion beträgt in diesem Fall nur

$$\Delta R_{M2} = (10 \cdot 10^{-6} - 3 \cdot 10^{-6}) \cdot 22 = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ gerettete Menschenleben / Jahr}$$

und die Rettungskosten berechnen sich zu

$$RK_{M2} = \frac{SK_{M2}}{\Delta R_{M2}} = \frac{4'500}{0.1 \cdot 10^{-3}} = 45 \text{ Mio. Fr. / gerettetes Menschenleben}$$

Diese Massnahme ist gemäss SIA 2018 nicht verhältnismässig und sie muss nicht umgesetzt werden.

### 3.2 GEBÄUDEBESTAND EINES MITTELGROSSEN SCHWEIZER KANTONS

Das über 400 Objekte umfassende Immobilienportfolio eines mittelgrossen Kantons wurde 2007 nach dem von Kölz (2000) beschriebenen Verfahren untersucht. Die Gebäude liegen mehrheitlich in der Erdbebenzone 1 (Bemessungsbodenbeschleunigung  $0.6 \text{ m/s}^2$ ) und zum Teil in der Erdbebenzone 2 (Bemessungsbodenbeschleunigung  $1.0 \text{ m/s}^2$ ). 134 Gebäude wurden auf der ersten Stufe des erwähnten Verfahrens mittels Risikokennzahlen bewertet. Aufgrund dieser Bewertung wurden 25 Gebäude auf einer zweiten Stufe mit Hilfe des Merkblatts rechnerisch beurteilt. In der von einem spezialisierten Ingenieurbüro durchgeführten Tragwerksanalyse kam in der rechnerischen Überprüfung in den meisten Fällen ein Vorgehen zur Anwendung, welches wie folgt charakterisiert werden kann:

- 3-dimensionales Gebäudemodell (Stabmodell) ab Einspannhorizont, 3-dimensionale Antwortspektren-Analyse berücksichtigt die ersten 5 Modes;
- Nachweise im kritischen Geschoss oder in allen Geschossen oberhalb des Einspannhorizonts, wobei der Einspannhorizont durch eine qualitative Beurteilung des Tragwerks festgelegt wird.
- Der Erfüllungsfaktor des Bauteils mit dem kleinsten effektiven Erfüllungsfaktor wird als massgebend ausgewiesen. Er bildet die Grundlage für die Massnahmenempfehlung.
- Als Massnahmen kommen generell neue Betonelemente (inkl. Vorbetonieren), die Verstärkung von Beton- resp. Mauerwerkswänden mit CFK-Lamellen oder die Ergänzung einer Aussteifung mit Stahlverbänden zum Einsatz.
- Die berechneten Massnahmenkosten umfassen die Schätzung für die baulichen Massnahmen und das Honorar des Ingenieurbüros. Die Schätzungen beruhen auf den Erfahrungen des spezialisierten Ingenieurbüros.

Die Tabelle 1 enthält die Ergebnisse hinsichtlich jener Gebäude, deren Erfüllungsfaktor kleiner ist als der minimale Reduktionsfaktor (Fall 1). Die Tabelle 1 zeigt, dass bei allen 13 Gebäuden die Massnahmen zum Erreichen des minimalen Reduktionsfaktors (siehe Kapitel 2.3) gemäss SIA 2018 erforderlich sind. Bei acht von diesen Gebäuden sind weitergehende Massnahmen erforderlich, weil diese verhältnismässig sind. Weitere sieben Gebäude sind dem Fall 2 gemäss Kapitel 2.3 zuzuordnen, wobei nur bei einem Gebäude verhältnismässige Massnahmen gefunden werden konnten, welche

umzusetzen sind. Schliesslich wurde bei fünf verbleibenden Gebäuden gefunden, dass sie dem Fall 3 zuzuordnen sind und dass daher keine Massnahmen erforderlich sind.

GEBÄUDE	RND <sup>1)</sup>	$\alpha_{\text{eff}}$ <sup>2)</sup>	M1 <sup>3)</sup>	RK <sub>M2</sub> <sup>4)</sup>	M2 <sup>5)</sup>	RK <sub>M2</sub> <sup>6)</sup>
Schule	50	0.20	320'000.- (0.25)	12	1'100'000.- (0.40)	32
Schule	50	0.10	240'000.- (0.25)	2	165'000.- (0.50)	10
Schule	50	0.05	185'000.- (0.25)	< 1	230'000.- (0.60)	10
Spital	50	0.10	130'000.- (0.40)	1	60'000.- (0.55)	9
Spital	50	0.10	100'000.- (0.40)	< 1	100'000.- (0.80)	7
Pflegeheim	20	0.15	4'000.- (0.25)	< 1	20'000.- (0.45)	5
Spital	50	0.10	220'000.- (0.40)	4	6'000.- (0.45)	6
Spital	50	0.10	70'000.- (0.40)	1	45'000.- (0.60)	12
Pflegeheim	20	0.10	30'000.- (0.25)	1	75'000.- (0.55)	10
Spital	20	0.30	50'000.- (0.40)	31	7'000.- (0.50)	7
Spital	20	0.20	60'000.- (0.40)	3	55'000.- (0.45)	29
Personalhaus Spital	50	0.15	140'000.- (0.25)	19	30'000.- (0.3)	24
Polizeiposten	50	0.10	20'000.- (0.25)	3	80'000.- (0.50)	94

1) Restnutzungsdauer in Jahren gemäss Angabe kantonales Amt  
2) Effektiver Erfüllungsfaktor gemäss rechnerischer Überprüfung  
3) Oben Massnahmenkosten in Franken, unten in Klammern der zu erreichende minimale Reduktionsfaktor  
4) Rettungskosten: wenn kleiner 100 Mio. Fr. pro gerettetes Menschenleben (zumutbar), dann umsetzen  
5) Oben Massnahmenkosten in Franken, unten in Klammern der angestrebte Erfüllungsfaktor  
6) Rettungskosten: wenn kleiner 10 Mio. Fr. pro gerettetes Menschenleben (verhältnismässig), dann umsetzen

Tabelle 1: Zusammenfassung Massnahmenkosten und betroffene Gebäudewerte

Die Tabelle 2 fasst die Massnahmenkosten der auf Grund der Überprüfung nach SIA 2018 bei den 25 Gebäuden erforderlichen zumutbaren respektive verhältnismässigen Massnahmen zusammen. Die Tabelle zeigt, dass die Kosten für Erdbebensicherheitsmassnahmen, bei jenen Gebäuden bei welchen sie aus heutiger Sicht nötig sind, nur bei ca. 1.3 Prozent der betroffenen Gebäudeversicherungswerte liegen. Dieser Wert liegt damit wesentlich tiefer als die von Fachleuten in der Regel genannten 5 bis 15 Prozent des Gebäudewerts der Kosten für Erdbebensicherheitsmassnahmen bei bestehenden Gebäuden.

MASSNAHME N	KOSTEN [MIO. FR. (€)]	GEBÄUDEWERT [MIO. FR. (€)]	PROZENTUAL [%]
zumutbar	1.6 (1.1)	167 (111)	0.9
verhältnismässig	1.0 (0.7)	159 (106)	0.6
Total	2.6 (1.7)	188 (125)	1.3

Tabelle 2: Zusammenfassung Massnahmenkosten und betroffene Gebäudewerte

Das Merkblatt SIA 2018 ist massgeblich dafür verantwortlich, dass die Massnahmenkosten prozentual vergleichsweise niedrig ausfallen. Ein weiterer Grund liegt darin, dass für die Massnahmen Idealbedingungen vorausgesetzt wurden. Zum einen wurden die Massnahmen dort angesetzt wo sie aus Sicht des Ingenieurs am meisten Sinn machen. In der Praxis ist dies nicht immer möglich, weil andere Erfordernisse (z.B. Haustechnik, neue Öffnung) berücksichtigt werden müssen. Zum anderen wurde davon ausgegangen, dass die Erdbebensicherheitsmassnahmen während einer konventionellen Instandsetzung umgesetzt werden und daher keine weitergehenden Zusatzkosten (z.B. Betriebsunterbruch) verursachen, die bei der Berechnung der Sicherheitskosten berücksichtigt werden müssten.

### 3.3 GEBÄUDE IM KANTON WALLIS

Im Kanton Wallis, welcher in den beiden Zonen der höchsten Erdbebengefährdung der Schweiz liegt (Bemessungsbodenbeschleunigung 0.13 resp. 0.16 m/s<sup>2</sup>) ist die Erdbebenüberprüfung bestehender Bauten in Zusammenhang mit baubewilligungspflichtigen Eingriffen in ein Gebäude obligatorisch. Mittaz et al. haben 2006 die Anwendung des Merkblatts statistisch ausgewertet. Erfasst wurden die Daten von 66 Gebäuden. Die Tabellen 3 und 4 enthalten die wichtigsten Ergebnisse.

NUTZUNG	ANTEIL
Bürogebäude, Gewerbe	17%
Wohnhäuser, Heime, Hotels	29%
Schulen	34%
Einkaufszentren, Restaurants, Kirchen, öffentliche Gebäude	20%

Tabelle 3: Verteilung der 66 im Kanton Wallis erfassten Gebäude nach Nutzung

ERFÜLLUNGSFAKTOREN	ANTEIL
$\alpha_{\text{eff}} < 0.25$	45%
$0.25 < \alpha_{\text{eff}} < \alpha_{\text{adm}}$	49%
$\alpha_{\text{eff}} > \alpha_{\text{adm}}$	6%

Tabelle 4: Verteilung der Erfüllungsfaktoren der 66 erfassten Gebäude

Bei Erfüllungsfaktoren kleiner als 0.25 wurden bei etwa 60% der Fälle Massnahmen ergriffen, bei 10% der Fälle wird bis zu einem günstigen Zeitpunkt zugewartet und bei 30% der Fälle waren die Massnahmen auf Basis von SIA 2018, aber auch auf Basis anderer Kriterien, nicht zumutbar.

## 4 AKZEPTANZ VON SIA 2018

### 4.1 UMFRAGE BEI INGENIEUREN UND ARCHITEKTEN

Im Hinblick auf eine mögliche Revision von SIA 2018 im Herbst 2007 hat der SIA eine Arbeitsgruppe eingesetzt, welche die Wirkung von SIA 2018 in der Praxis beleuchtet hat. Eine Umfrage bei Architekten und Ingenieuren zeichnet folgendes Bild:

- SIA 2018 ist praktisch bei allen Ingenieuren bekannt, bei den Architekten hingegen mehrheitlich unbekannt.
- Sowohl Ingenieure als auch Architekten, die Umbauten begleitet haben, bei welchen SIA 2018 zur Anwendung kam, fanden die erzielten Resultate angemessen.
- Eine Überprüfung der Erdbebensicherheit verlangt die Mehrheit der Architekten nur, wenn dies der Bauherr explizit wünscht. In jenen Fällen, in welchen die Architekten eine Überprüfung verlangen, wird sie oftmals vom Bauherrn abgelehnt.
- Eine Überprüfung der Erdbebensicherheit empfiehlt die Mehrheit der Ingenieure den Bauherren immer, führt sie aber nur durch, wenn diese von den Bauherren honoriert wird. Immerhin jeder fünfte Ingenieur führt die Überprüfung immer durch.
- Wenn Massnahmen auf Basis von SIA 2018 nötig waren, wurden sie in zwei Drittel der Fälle von den Bauherren vollumfänglich akzeptiert.

Die Umfrage des SIA belegt, dass das Merkblatt gut eingeführt und rege angewendet wird. Immer mehr Bauherren erkennen den Nutzen des Merkblatts und verlangen von sich aus, dass die Erdbebensicherheit von Ingenieuren und Architekten berücksichtigt wird.

### 4.2 PROBLEME BEI DER ANWENDUNG

Im Rahmen der unter 5.1 erwähnten Umfrage wurden auch mögliche Probleme und Mängel des Merkblatts erfasst. In der Anwendungspraxis wurden einerseits Schwierigkeiten bei der Bestimmung des effektiven Erfüllungsfaktors festgestellt. Andererseits wurden Probleme im Umgang mit dem im Kapitel 2.3 beschriebenen Fall 1 kund. Insbesondere war den Praktikern nicht immer klar, wann das Kriterium der Verhältnismässigkeit und wann jenes der Zumutbarkeit anzuwenden ist.

## 5 VERANLASSUNG ZUR ÜBERPRÜFUNG NACH SIA 2018

In der Schweiz besteht, wie bereits eingangs erwähnt, keine grundsätzliche direkte Verpflichtung zur Anwendung der Normen. Zudem fällt die Erdbebenprävention in den Verantwortungsbereich der Kantone. Damit wäre kantonale zu regeln, in welcher Situation ein Gebäude nach SIA 2018 überprüft werden soll. Das Merkblatt selbst enthält auch keine diesbezüglichen Bestimmungen. Es verweist auf verschiedene Normen des SIA, welche Hinweise zur Veranlassung von ingenieurmässigen Überprüfungen enthalten. Verschiedene öffentliche (insbesondere der Bund) aber auch private Eigentümer von grösseren Immobilienbeständen haben daher eigene Regelungen getroffen.

Bei allen Bauten mit Ausnahme der Bundesbauten und einiger Spezialfälle (z.B. Kernkraftwerke, Talsperren) sind die einzelnen Kantone für die Erdbebenprävention zuständig. Eine Arbeitsgruppe der Schweizerischen Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz BPUK, welche die Zusammenarbeit unter den Kantonen koordiniert, hat im Jahr 2006 eine Umfrage zur Erdbebenprävention durchführen lassen und auf

dieser Basis Empfehlungen für die Erdbebenprävention in der Schweiz abgegeben (Risk&Safety AG, 2007). Die Umfrage der BPUK zeigt, dass heute nur in fünf Kantonen gesetzliche Grundlagen bestehen, welche die Anwendung der SIA-Normen explizit vorschreiben. In lediglich drei Kantonen werden im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens in Zusammenhang mit baulichen Veränderungen bei bestehenden Bauten Erdbebensicherheitsnachweise verlangt. Immerhin die Hälfte der 26 Kantone schreibt die Überprüfung bestehender kantonseigener Bauten nach SIA 2018 in Zusammenhang mit geplanten Eingriffen verbindlich vor. Der Bericht der Arbeitsgruppe fordert folglich, dass die erforderliche Erdbebensicherheit bei neuen und bestehenden Bauten als Voraussetzung für die Erteilung der Baubewilligung bei bewilligungspflichtigen Bauvorhaben nachgewiesen werden muss.

## 6 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Das Merkblatt SIA 2018 wurde im November 2004 in Kraft gesetzt. Der risikobasierte Ansatz im Merkblatt ermöglicht einen Umgang mit der Erdbebensicherheit, der sowohl von den Anwendern als auch von den betroffenen Gebäudeeigentümern sehr begrüsst wird. So hat folglich die Normenkommission des SIA beschlossen, dass das Merkblatt für weitere drei Jahre unverändert in Kraft bleiben soll.

## SCHRIFTENVERZEICHNIS

- Kölz, E., Vogel, T., Duvernay, B., 2006. Risk-based safety evaluation of existing buildings. Proceedings of the 1st ECEES, Paper 639, Geneva.
- Kölz, E., 2000. Verfahren zur Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Gebäude: Beurteilung des kantonalen Gebäudebestandes im Aargau. Dokumentation SIA D 0162: Erdbebenvorsorge in der Schweiz. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich.
- Mittaz, X., Rouiller, J.-D., Gsponer, Ph., Peruzzi, R. 2006. Erfahrungen mit dem Merkblatt SIA 2018: Erkenntnisse des Kantons Wallis. In: Tagungsband Erdbebensicherheit für bestehende Bauten - Erfahrungen mit dem Merkblatt SIA 2018, Veranstaltung 854501, Kapitel 8, Bau und Wissen, Wildegg (CH).
- Risk&Safety AG, 2007. Erdbebenprävention der Kantone: Umfrage BPUK – Weiteres Vorgehen der Kantone. Bericht für Arbeitsgruppe der Schweizerischen Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz BPUK, Gipf-Oberfrick.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), 2004. Merkblatt SIA 2018: Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben. Zürich.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), 2007. Arbeitsgruppe SIA 2018 – Standbericht. SIA-interner Bericht. Zürich.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), 2005. Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben, Einführung in das Merkblatt SIA 2018. Dokumentation SIA D 0211, Zürich.
- Schneider, J., 2000. Risiken abschätzen und Prioritäten setzen. Dokumentation SIA D 0162: Erdbebenvorsorge in der Schweiz. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich.