

**Hochbauamt des Kantons Solothurn**

**Erdbebensicherheit kantonseigener Hochbauten  
Dritte Beurteilungsstufe**

**Zusammenfassender Bericht**

**29. Februar 2008**

## Impressum

<b>Auftraggeber</b>	Hochbauamt des Kantons Solothurn Rötihof Werkhofstrasse 65 4509 Solothurn  G. Keune, Leiter Immobilien, <a href="mailto:guido.keune@bd.so.ch">guido.keune@bd.so.ch</a> , 032 627 26 02
<b>Verteiler</b>	G. Keune, Hochbauamt des Kantons Solothurn, Immobilien  Weitere Verteilung durch den Auftraggeber
<b>Dokument</b>	BE_Erdbeben_SO_III_080324.doc (.pdf)  29. Februar 2008
<b>Verfasser</b>	E. Kölz  Risk&Safety AG Hofstrasse 17 CH – 5073 Gipf-Oberfrick  Telefon +41 62 871 82 10 Telefax +41 62 871 82 86 <a href="http://www.risksafety.ch">www.risksafety.ch</a>
<b>Koreferat</b>	R. Schaub  Ingenieurbüro  Marchand+Partner AG Laubeggstrasse 70 Postfach 677 3000 Bern 31  Telefon +41 031 340 30 40 Telefax +41 031 340 30 44 <a href="http://www.marchand.ch">www.marchand.ch</a>
<b>Visum</b>	E. Kölz

## Management Summary

### Ausgangslage und Auftrag

Die Schweiz liegt in einem Gebiet mässiger bis mittlerer seismischer Gefährdung. Der grösste Teil des Kantons Solothurn liegt in der Erdbebenzone 1 mit der geringsten Erdbebengefährdung. Die Bezirke Dorneck und Thierstein liegen in der Zone 2 mit erhöhter Erdbebengefährdung.

Erst seit 1989 enthalten die Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) adäquate Erdbebenbestimmungen. Am 01. Januar 2003 (mit zwingender Anwendung ab 01. Juli 2003) hat der SIA an die Eurocodes angepasste und damit nochmals verschärfte Bestimmungen in Kraft gesetzt. Für die älteren Gebäude besteht daher die Vermutung, dass sie den Anforderungen an die Erdbebensicherheit nicht gerecht werden. Aus diesem Grund hat das Hochbauamt des Kantons Solothurn die Risk&Safety AG, Gipf-Oberfrick zusammen mit dem Ingenieurbüro Marchand+Partner AG, Bern im Jahr 2006 mit der Überprüfung der Erdbebensicherheit des kantonalen Gebäudebestandes betraut. Beide Büros haben das Überprüfungsverfahren bereits mehrmals für andere öffentliche Bauherren durchgeführt.

### Vorgehen

Der Überprüfung der Erdbebensicherheit wurde ein dreistufiges (bereits vom Bund und 9 Kantonen umgesetztes) Verfahren zu Grunde gelegt, wobei in jeder Folgestufe die besonders kritischen Gebäude der vorherigen Stufe noch detaillierter untersucht wurden. Auf der **ersten Stufe** wurden die 134 von Erdbebenrisiken betroffenen kantonseigenen Hochbauten mittels Risikokennzahlen bewertet.

Diejenigen 25 dieser Gebäude mit grösseren Erdbebenrisiken, wurden auf der **zweiten Stufe** rechnerisch nach SIA 2018 "Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben" überprüft.

Auf der nun abgeschlossenen **dritten Stufe** wurde die Überprüfung jener Gebäude, die nach der zweiten Stufe die Minimalanforderungen des SIA nicht erfüllten, weiter vertieft. Anschliessend wurden die Massnahmenempfehlungen soweit ausgearbeitet, dass die Massnahmen umgesetzt werden können.

### Auf der dritten Stufe überprüfte Gebäude – Empfehlung

Auf der dritten Stufe wurden für diejenigen 9 Gebäude, welche die Minimalanforderungen nicht erfüllen, die statischen Berechnungen vertieft und die Massnahmen weiter konkretisiert. Diese 9 Gebäude sind im oberen Teil der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten. Neben diesen 9 Gebäuden sind weitere 5 Gebäude (die bereits im Rahmen von Unterhalts- bzw. Sanierungsprojekten grob auf Erdbebentauglichkeit analysiert waren) entsprechend den Anforderungen der dritten Stufe vertieft worden. Die Resultate dieser 5 Gebäude, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts bereits grob vorlagen, sind im unteren Teil der Zusammenstellung enthalten.

Aufgeführt sind pro Gebäude die Massnahmenkosten der Priorität A (notwendig und nicht verschiebbar) und der Priorität B (notwendig und verschiebbar). Die Kosten (inkl. Mehrwertsteuer) umfassen sowohl die baulichen Kosten der Erdbebensicherungsmaßnahmen als auch die Kosten für die Wiedernutzbarmachung (z.B. für die Wiederherstellung von technischen Installationen). Die Kostengenauigkeit in dieser Planungsphase beträgt  $\pm 25\%$ .

Aus technischen und rechtlichen Gründen wird empfohlen, alle Massnahmen der Prioritäten A und B in den nächsten Jahren umzusetzen.

## Zusammenstellung der Kosten der Erdbebensicherungsmaßnahmen, inkl. MWST

Anlass	WE <sup>1)</sup>	Gebäude	Priorität A <sup>2)</sup>	Priorität B <sup>2)</sup>	Total
Dreistufiges Verfahren (9 Gebäude)	1101.01	Haupttrakt – Kantonsschule Solothurn	810'000.-	580'000.-	1'390'000.-
	1717.02	Schule für Pflegeberufe BZG, Trimbach/Olten	710'000.-	70'000.-	780'000.-
	2110.06	Pavillon Süd (älterer Gebäudeteil) – Bürgerspital Solothurn	970'000.-	-	970'000.-
	2110.09	Altes Hauptgebäude – Bürgerspital Solothurn	1'840'000.-	-	1'840'000.-
	2714.02	Anbau – Klinik Allerheiligenberg	1'040'000.-	-	1'040'000.-
	2911.01	Behandlungstrakt – Spital Dornach	130'000.-	-	130'000.-
	2911.02	Bettentrakt – Spital Dornach	1'060'000.-	-	1'060'000.-
	2911.06	Schwesternhaus – Spital Dornach	560'000.-	-	560'000.-
	3903.01	Polizeiposten Dornach	240'000.-	-	240'000.-
		<i>Zwischensumme</i>	<i>7'360'000.-</i>	<i>650'000.-</i>	<i>8'010'000.-</i>
Bereits geplante Vorhaben (4 Gebäude)	1102.04	Musik- und Turnhallentrakt – Pädagogische Hochschule Solothurn	80'000.-	-	80'000.-
	1107.01	Hauptgebäude – GIBS Solothurn	880'000.-	-	880'000.-
	1712.01	KBS - BBZ Olten	350'000.-	-	350'000.-
	4135	Rötihof Solothurn	260'000.-	-	260'000.-
		<i>Zwischensumme</i>	<i>1'570'000.-</i>	<i>-</i>	<i>1'570'000.-</i>
<b>Summe der Massnahmen im planbaren Unterhalt</b>			<b>8'930'000.-</b>	<b>650'000.-</b>	<b>9'580'000.-</b>
Botschaft (1 Gebäude)	1710.0	Kantonsschule Olten	1'250'000.-	920'000.-	2'170'000.-
<b>Summe der Massnahmen in einer Baubotschaft</b>			<b>1'250'000.-</b>	<b>920'000.-</b>	<b>2'170'000.-</b>
<b>Gesamttotal</b>					<b>11'750'000.-</b>

1) WE = Wirtschaftseinheit (Anlage)

2) Massnahmenkosten zuzüglich Kosten für Wiederherstellung, mit einer Genauigkeit von  $\pm 25\%$ 

Bei allen zu sanierenden Gebäuden handelt es sich um Gebäude, die vor 1989, das heisst noch vor Inkrafttreten von eigentlichen Erdbeben-Normen, erstellt wurden.

Mit Ausnahme der Kantonsschule Olten sollen alle Massnahmen im Rahmen des planbaren Unterhalts der nächsten zwei Globalbudgetperioden (2009-11 und 2012-14) umgesetzt werden. Für die Gesamt-sanierung der Kantonsschule Olten (inkl. Erdbebentauglichkeit) ist ca. 2010 eine Baubotschaft vorgesehen. Insgesamt ist inkl. Wiederherstellung, mit Kosten von rund 11,75 Mio. Franken ( $\pm 25\%$ ) zu rechnen.

## Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Zielsetzung für die dritte Beurteilungsstufe – Auftrag	2
1.3	Dokumente der mehrstufigen Erdbeben-Risikobeurteilung	4
2	Vorgehen auf der dritten Beurteilungsstufe .....	5
2.1	Überprüfung nach SIA 2018	5
2.2	Vertiefung der rechnerischen Überprüfung	6
2.3	Vertiefung der Massnahmenempfehlungen	6
2.4	Festlegung der Bauwerksklasse	6
2.5	Kosten der notwendigen Erdbebensicherheitsmassnahmen	7
3	Ergebnisse der dritten Stufe .....	8
3.1	Priorisierung der Massnahmen	8
3.2	Massnahmen zur Erfüllung der Minimalanforderungen (Priorität A)	8
3.3	Zusätzlich umzusetzende, verhältnismässige Massnahmen (Priorität B)	9
3.4	Zusammenfassung der Massnahmen-Kosten	9
4	Empfehlung.....	11

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Das Risiko aus Erdbeben ist unmittelbar mit der Verletzbarkeit der Bauwerke verknüpft. Durch Erdbeben geraten Bauwerke ins Schwingen und erleiden Schäden bis hin zum Einsturz. Es kommt zu Personen- und Sachschäden. Die Erdbebengefährdung in der Schweiz ist im internationalen Vergleich als gering bis mässig einzustufen. Das Risiko aus Erdbeben ist wegen der hohen Schadenpotenziale trotzdem sehr bedeutend. Gemäss „Einsatzkonzept für den Fall eines Erdbebens in der Schweiz“ (Nationale Alarmzentrale NAZ, 2004) muss in der Schweiz im statistischen Langzeitmittel alle 8 bis 10 Jahre mit einem Schadenbeben gerechnet werden. Im Mittel alle 100 Jahre ist ein Erdbeben zu erwarten, welches bis zu 100 Todesopfer und 10 Milliarden Franken Gebäudeschäden verursachen würde. Im Mittel alle 1'000 Jahre ist ein Erdbeben zu erwarten, welches über 1'000 Todesopfer und über 50 Milliarden Franken an Gebäudeschäden verursachen würde. In der Tabelle 1 sind einige schwere Erdbeben aufgelistet, welche sich in den vergangenen Jahrhunderten ereignet hatten. Die Tabelle ist ergänzt mit Angaben zu Gebäudeschäden und Todesopfern, die bei einer Wiederholung des jeweiligen Bebens heute zu erwarten wären.

*Tabelle 1: Beispiele heute zu erwartender Schäden vergangener Erdbeben in der Schweiz*

Jahr	Ort	Intensität <sup>1)</sup>	Gebäudeschäden <sup>2)</sup> (Mio. CHF)	Todesopfer <sup>3)</sup>
1356	Basel	IX	13'100 - 47'100	1'500
1601	Nidwalden	VII-VIII	760 - 8'950	250
1774	Altdorf	VII-VIII	450 - 3'100	- <sup>4)</sup>
1855	Vispertal	VIII	580 - 8'720	250
1881	Bern	VII	280 - 1'250	- <sup>4)</sup>
1946	Rawil	VIII	430 - 1'900	60

1) Quelle: Erdbebenkatalog des Schweizerischen Erdbebendienstes SED, 2006

2) Quelle: Erdbebensenarien Schweiz, Schweizerischer Pools für Erdbebenversicherung, 1988; der grosse Streubereich ergibt sich vor allem aus der Unschärfe hinsichtlich der tatsächlichen Erdbebenschwere, der Ausdehnung des Schadengebiets und des Erdbebenverhaltens der Bausubstanz

3) Quelle: Studie Katarisk, Bundesamt für Bevölkerungsschutz, 2003

4) Keine Schätzung vorhanden

Die Erdbebengefährdung wird in den Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins erst seit 1989 adäquat behandelt. Aus diesem Grund ist ein grosser Teil der bestehenden Bauten ohne Berücksichtigung der Anforderungen aus Erdbeben erstellt worden (Tabelle 2).

*Tabelle 2: Erdbebenbestimmungen und Bauwerksbestand*

Jahr	Erdbebenbestimmungen	Bauwerksbestand
bis 1970	keine vorhanden	ca. 70 % des heutigen Bauwerksbestandes
1970 bis 1989	unzureichend	ca. 20 % des heutigen Bauwerksbestandes
1989 bis 2002	fortschrittlich	ca. 10 % des heutigen Bauwerksbestandes
seit 2003	Eurocode-kompatibel	heute geltende Grundlage für Neubauten

Die Richtlinie 462 des SIA fordert die Überprüfung der Sicherheit bestehender Bauten, wenn neue Erkenntnisse dies nahe legen. In bezug auf die Gefährdung aus Erdbeben ist diese Situation heute zweifellos gegeben. Die zu berücksichtigenden Erdbebenbestimmungen sind in den SIA Tragwerksnormen 260 bis 267 enthalten. Seit Herbst 2004 ist das Merkblatt SIA 2018 in Kraft, als Grundlage der vertiefenden ingenieurmässigen Überprüfung bestehender Gebäude.

Die Normen des SIA bilden die „anerkannten Regeln der Baukunde“. Gemäss Gesetzgebung über das Bau- und Planungsrecht des Kantons Solothurn - Stand 1. Juni 2005, §54, Abs. 2 - sind ausserdem alle Baukonstruktionen so auszuführen, dass sie den minimalen Festigkeitsvorschriften der Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins entsprechen.

Unter diesen Voraussetzungen sah sich der Kanton Solothurn im Jahr 2006 veranlasst, eine systematische, risikobasierte Überprüfung der Erdbebensicherheit der kantonseigenen Hochbauten durchzuführen. Zur Anwendung kam ein etabliertes, den Stand der Technik repräsentierendes Verfahren. Dieses Verfahren wurde bereits zur Beurteilung der Erdbebensicherheit der Gebäudebestände des Bundes und des Fürstentums Liechtenstein sowie von 9 Kantonen und mehreren Städten angewendet. Die Grundzüge des Verfahrens sind dargestellt in „Erdbebensicherheit bestehender Hochbauten des Kantons Solothurn – Beurteilung auf der ersten Stufe, 01.11.2006“. Zielsetzung dieses Verfahrens ist nicht die vertiefte und sehr aufwändige Überprüfung aller Gebäude, sondern eine stufengerechte und risikobasierte Beurteilung des gesamten Gebäudebestandes und somit die Identifikation der Priorität zu überprüfenden sowie der zu sichernden Gebäude.

In einer vorgeschalteten Triage wurden (von insgesamt 423 kantonseigenen Hochbauten) diejenigen 134 Gebäude ermittelt, bei welchen – gestützt auf eine systematische Risikobeurteilung – grössere Risiken aus Erdbeben nicht ausgeschlossen werden konnten.

Diese 134 Gebäude wurden in der **ersten Beurteilungsstufe** mit einem Satz von Kennzahlen bewertet, wodurch diejenigen 25 Gebäude mit relevanten Erdbebenrisiken ermittelt werden konnten.

Diese 25 Gebäude wurden in der **zweiten Stufe** einer groben rechnerischen Überprüfung nach SIA 2018 unterzogen. Diese Überprüfung hat ergeben, dass bei 14 Objekten (inkl. Kantonsschule Olten) Massnahmen zum Erreichen des mindestens erforderlichen Sicherheitsniveaus notwendig und dringend sind (Priorität A).

Diese 14 Objekte wurden in der abschliessenden **dritten Stufe** soweit untersucht, dass konkrete Massnahmen zur Herstellung der Erbebentauglichkeit empfohlen werden können.

## 1.2 Zielsetzung für die dritte Beurteilungsstufe – Auftrag

Die Zielsetzung der dritten Beurteilungsstufe bestand darin, die Überprüfung der nach der zweiten Stufe verbleibenden 14 Gebäude soweit zu vertiefen und die erforderlichen Massnahmen soweit festzulegen, dass die baulichen Massnahmenkosten sowie die Kosten für die Wiedernutzbarmachung der betroffenen Räumlichkeiten bestimmt werden konnten. Die Massnahmen mussten daher, in Absprache mit dem Hochbauamt, konkretisiert und anschliessend statisch dimensioniert werden. Die Kosten gelten in dieser Planungsphase dabei mit einer Genauigkeit von  $\pm 25\%$ .

Im Rahmen der systematischen Überprüfung des kantonseigenen Gebäudebestandes, wurden die oberen 9 der in der Tabelle 3 enthaltenen Gebäude auf der dritten Stufe überprüft. Zusätzlich zu diesen 9 Gebäuden wurden 5 weitere Gebäude vertieft überprüft, die bereits im Rahmen von anderen Unterhalts- oder Sanierungsprojekten grob auf Erbebentauglichkeit analysiert waren. Diese Gebäude sind im unteren Teil der Tabelle 3 enthalten.

Tabelle 3: Gebäude, die hinsichtlich Erdbeben-Massnahmen vertieft überprüft wurden (Stufe 3)

Anlass	WE <sup>1)</sup>	Gebäude	Baujahr <sup>2)</sup>	Wert [Mio. Fr.] <sup>3)</sup>
Dritte Stufe der systematischen Überprüfung des kantonseigenen Gebäudebestandes	1101.01	Haupttrakt – Kantonsschule Solothurn	1930	28
	1717.02	Schule für Pflegeberufe BZG Trimbach/Olten	1924 / 40	13
	2110.06A	Pavillon Süd (älterer Gebäudeteil) – Bürgerspital Solothurn	1958	11
	2110.09	Altes Hauptgebäude – Bürgerspital Solothurn	1925	37
	2714.02	Anbau – Klinik Allerheiligenberg	1951	9
	2911.01	Behandlungstrakt – Spital Dornach	1960	9
	2911.02	Bettentrakt – Spital Dornach	1960	19
	2911.06	Schwesternhaus – Spital Dornach	1960	4
	3903.01	Polizeiposten Dornach	1930	1
Bereits geplante Vorhaben	1102.04	Musik- und Turnhallentrakt – Pädagogische Hochschule SO	1972	30
	1107.01	Hauptgebäude - GIBS Solothurn	1952	15
	1712.01	KBS - BBZ Olten	1952	13
	4135	Rötihof Solothurn	1962	12
<b>Zwischentotal Gebäudeversicherungswert</b>				<b>201</b>
Botschaft	1710.00	Kantonsschule Olten	1972	76
<b>Total Gebäudeversicherungswert</b>				<b>277</b>

1) Wirtschaftseinheit

2) Ungefähr

3) Gebäudeversicherungswert

Bei allen diesen Gebäuden, die zur Erzielung der Erdbebentauglichkeit saniert werden müssen, handelt es sich um Gebäude, die vor 1989, das heisst noch vor Inkrafttreten von eigentlichen Erdbeben-Normen, erstellt wurden.

### 1.3 Dokumente der mehrstufigen Erdbeben-Risikobeurteilung

In der Überprüfung der Erdbebensicherheit der kantonseigenen Hochbauten, nach dem unter 1.1 Ausgangslage beschriebenen Verfahren, wurden verschiedene Dokumente erarbeitet. Die Tabelle 4 listet diese Dokumente auf und skizziert deren Inhalte.

*Tabelle 4: Übersicht über die im Rahmen der Erdbebenüberprüfung erarbeiteten Dokumente*

Stufe	Dokument	Inhalt
Erste Stufe	Konzept und Leitfaden für die erste Beurteilungsstufe, 31. März 2006	Dieses Dokument beinhaltet das risiko-orientierte Konzept für das mehrstufige Vorgehen sowie die Erläuterungen zur ersten Beurteilungsstufe.
	Erdbebensicherheit kantonseigener Hochbauten – Erste Beurteilungsstufe, Zusammenfassender Bericht, 1. November 2006	Dieses Dokument fasst die Ergebnisse der ersten Beurteilungsstufe zusammen (systematische Risiko-Triage und Charakterisierung der verbleibenden grösseren Risiken).
Zweite Stufe	Bauwerkspezifische Kurzberichte der zweiten Beurteilungsstufe	Diese Dokumente enthalten für jedes verbleibende Gebäude die Erkenntnisse aus der groben Beurteilung auf der zweiten Beurteilungsstufe; dazu gehören insbesondere die Beurteilung des Tragwerksverhaltens, die Abschätzung bestehender Risiken sowie die Skizzierung von denkbaren Massnahmen und deren Beurteilung in bezug auf Kosten und Wirksamkeit.
	Erdbebensicherheit kantonseigener Hochbauten – Zweite Beurteilungsstufe, Zusammenfassender Bericht, 13. Juli 2007	Das Dokument enthält <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenfassung der Überprüfung auf der zweiten Beurteilungsstufe</li> <li>- Empfehlungen für das weitere Vorgehen</li> <li>- im Anhang je Gebäude auf einer Seite zusammengefasst die wichtigsten Aspekte und Ergebnisse der zweiten Beurteilungsstufe.</li> </ul>
Dritte Stufe	Bauwerkspezifische Dokumentation der dritten Beurteilungsstufe	Diese Dokumentationen enthalten für jedes Gebäude die Erkenntnisse aus der vertieften Überprüfung und die Beschreibung und Darstellung der erforderlichen Massnahmen.
	Erdbebensicherheit kantonaler Hochbauten – Dritte Beurteilungsstufe, Zusammenfassender Bericht, 29. Februar 2008	Das vorliegende Dokument enthält <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenfassung der Überprüfung auf der dritten Beurteilungsstufe;</li> <li>- Empfehlung.</li> </ul>

## 2 Vorgehen auf der dritten Beurteilungsstufe

### 2.1 Überprüfung nach SIA 2018

Die Überprüfung auf der dritten Stufe erfolgte wie auch schon auf der zweiten Stufe nach SIA 2018. Auf der dritten Stufe ging es darum, sowohl die rechnerische Überprüfung zu verfeinern und zu vertiefen, als auch die Massnahmenempfehlung nach SIA 2018 zu konkretisieren.

Die auf der dritten Stufe zu vertiefenden Objekte wurden ausgewählt, weil die Überprüfung auf der zweiten Stufe für diese Objekte einen geringeren Erfüllungsfaktor als den minimal zulässigen Reduktionsfaktor (Minimalanforderung) ergeben hat. Es lag damit die in Abbildung 1 unter **Massnahmen Priorität A** dargestellte Situation nach SIA 2018 vor.

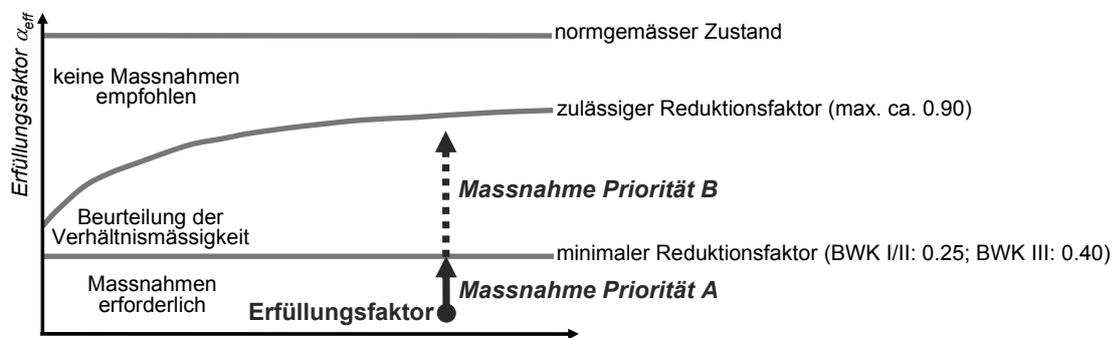


Abbildung 1: Massgebender Restnutzungsdauer dritten Stufe bearbeiteten Objekte

- **Zumutbare Massnahmen zur Erfüllung der Minimalanforderungen (Massnahmen Priorität A)**  
Ausgehend vom Erfüllungsfaktor, der kleiner ist als der minimale Reduktionsfaktor, wird jene Massnahme A bestimmt, die zum Erreichen des minimalen Reduktionsfaktors nötig ist. Nach SIA 2018 müssen solche Massnahmen zum Erreichen der Minimalanforderungen in aller Regel ergriffen werden. Das Hochbauamt des Kantons Solothurn hat diese Massnahmen daher der Priorität A zugeordnet; das heisst, dass diese Massnahmen notwendig und nicht verschiebbar sind. Gemäss SIA 2018 darf auf solche Massnahmen nur dann verzichtet werden, wenn sie ein ausserordentlich ungünstiges Verhältnis zwischen Kosten und Risikoreduktion aufweisen: Dieser Sachverhalt liegt vor, wenn mit der angestrebten Massnahme mehr als 100 Millionen Franken ausgegeben werden, um statistisch gesehen ein Menschenleben zu retten. In einem solchen Fall wird die Massnahme als unzumutbar bezeichnet und muss nicht umgesetzt werden.
- **Verhältnismässige Massnahmen zur Annäherung an den normengemässen Zustand (Massnahmen Priorität B)**  
Wenn die Minimalanforderungen erreicht sind, müssen nach SIA 2018 weitergehende Massnahmen zur Annäherung an den normengemässen Zustand geprüft werden. Diese Massnahmen müssen aber nur dann umgesetzt werden, wenn die Verhältnismässigkeit der Massnahmenkosten im Vergleich mit der erzielbaren Risikoreduktion gegeben ist. Nach SIA 2018 ist dies der Fall, wenn mit der Umsetzung der Massnahme maximal 10 Millionen Franken ausgegeben werden, um statistisch betrachtet ein Menschenleben zu retten. Massnahmen die zur weiteren Verbesserung der Erdbebensicherheit über die Minimalanforderungen hinaus nach SIA 2018 verhältnismässig sind, werden vom Hochbauamt des Kantons Solothurn der Priorität B zugeordnet; das heisst, sie sind notwendig aber verschiebbar.

## 2.2 Vertiefung der rechnerischen Überprüfung

Auf der zweiten Beurteilungsstufe stand die Erarbeitung richtungsweisender Aussagen zu einzelnen Gebäuden im Vordergrund. Es durfte pro Gebäude nur ein sehr beschränkter Aufwand betrieben werden. Zwar wurden auch auf der zweiten Stufe Nachweise nach SIA 2018 geführt und die Gebäude mit Hilfe von Computermodellen überprüft. Diese Überprüfung war aber nicht erschöpfend, da vielfach Annahmen – insbesondere über die Materialisierung von Bauteilen und die konstruktive Durchbildung des Tragwerks – getroffen werden mussten. Auch konnten nur die wichtigsten erforderlichen Nachweise geführt, und das Potential der Computermodellierung konnte nicht vollständig ausgeschöpft werden.

Um die vorgängig angeführten Lücken zu schliessen, wurden auf der dritten Stufe folgende Anstrengungen unternommen:

- Erschliessung noch nicht verfügbarer Ingenieurdokumente und Einsichtnahme in vorhandene, aber noch nicht genügend berücksichtigte Ingenieurdokumente (im Archiv des Hochbauamts sowie bei Bauingenieuren);
- Sondierungen zur Klärung der Materialisierung kritischer Bauteile (die Entnahme und Prüfung von Prüfkörpern war jedoch im Rahmen des vorliegenden Auftrags nicht vertretbar);
- Verfeinerung der Computermodelle (insbesondere hinsichtlich Plausibilität der Ergebnisse);
- Vervollständigung der erforderlichen Nachweise.

## 2.3 Vertiefung der Massnahmenempfehlungen

Auf der zweiten Stufe wurden die aus technischer Sicht geeignetsten Massnahmen auf der Grundlage der dort durchgeführten rechnerischen Überprüfungen festgelegt. Die Kosten wurden grob geschätzt; z.B. konnten die Aufwendungen im Bereich der Foundationen nur sehr pauschal berücksichtigt werden. Auf der dritten Beurteilungsstufe wurden die Massnahmenempfehlungen dann dahingehend weiterentwickelt, dass die Massnahmen technisch wie auch hinsichtlich der Nutzungs-Anforderungen und -Randbedingungen optimiert werden konnten. Die dazu notwendigen Schritte umfassten:

- Anpassung der Massnahmenempfehlungen aufgrund der vertieften Berechnungen;
- Validierung der vorgesehenen Massnahmen vor Ort, gemeinsam mit Vertretern des Hochbauamts;
- Abstimmung der Massnahmen mit bereits geplanten Unterhaltsmassnahmen oder Sanierungen;
- Kostenschätzungen mit einer Genauigkeit von  $\pm 25\%$ .

## 2.4 Festlegung der Bauwerksklasse

Gemäss SIA 261 ist jedem Gebäude eine von drei Bauwerksklassen zuzuordnen. Die Bauwerksklasse definiert die Anforderungen, welche hinsichtlich Erdbebensicherheit zu erfüllen sind. Gebäude der Bauwerksklasse BWK III müssen die höchsten Anforderungen erfüllen und jene der Bauwerksklasse BWK I die niedrigsten.

Die Einteilung eines Gebäudes in eine Bauwerksklasse erfolgt basierend auf Bedeutung, Funktion und Schadenspotential dieses Gebäudes, im Falle eines Erdbebens. Der Bauwerksklasse BWK III werden insbesondere sehr bedeutende Gebäude, mit einer wichtigen Funktion in der „Ereignisbewältigung“, zugeordnet. Bei den auf der dritten Stufe erfassten Gebäuden des Kantons Solothurn wurden daher die Akutspitäler grundsätzlich der Bauwerksklasse III zugeordnet.

Tabelle 5: Definition der Bauwerksklassen gemäss SIA 261

Bauwerksklasse	Kriterium	Beispiele	Schutzziel
BWK I	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Keine grösseren Menschenansammlungen</li> <li>– Keine besonders wertvollen Güter und Einrichtungen</li> <li>– Keine Gefährdung der Umwelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wohn-, Büro- und Gewerbegebäude</li> <li>– Industrie- und Lagergebäude</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kein Einsturz bei einem Beben, welches sich im Mittel alle 475 Jahre ereignet</li> </ul>
BWK II	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Grössere Menschenansammlungen</li> <li>– Besonders wertvolle Güter und Einrichtungen</li> <li>– Wichtige Infrastruktur-Funktion</li> <li>– Beschränkte Gefährdung für die Umwelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Spitäler</li> <li>– Schulen</li> <li>– Gebäude der öffentlichen Verwaltung Einkaufszentren</li> <li>– Sportstadion</li> <li>– Kinos</li> <li>– Kirchen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kein Einsturz bei einem Beben, welches sich im Mittel alle 800 Jahre ereignet</li> </ul>
BWK III	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lebenswichtige Infrastrukturfunktion («Lifeline-Funktion»)</li> <li>– Erhebliche Gefährdung für die Umwelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Akutspitäler samt Anlagen und Einrichtungen</li> <li>– Bauwerke sowie Anlagen und Einrichtungen für den Katastrophenschutz (Feuerwehrgebäude, Ambulanzgaragen, usw.)</li> <li>– Lebenswichtige Bauwerke, Anlagen und Einrichtungen für Versorgung/ Entsorgung sowie für die Telekommunikation</li> <li>– Chemieanlagen mit gefährlichen Stoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kein Einsturz bei einem Beben, welches sich im Mittel alle 1'200 Jahre ereignet</li> <li>– Gebrauchstauglichkeit bei einem Beben, welches sich statistisch einmal in 200 Jahren ereignet (auch nichttragende Elemente, Anlagen und Einrichtungen sind zu berücksichtigen)</li> </ul>

## 2.5 Kosten der notwendigen Erdbebensicherheitsmassnahmen

Die ermittelten Kosten ( $\pm 25\%$ ) der notwendigen Massnahmen umfassen sowohl die baulichen Kosten der Erdbebensicherheits-Massnahmen als auch die Kosten für die notwendigen baulichen Wiederherstellungs-Massnahmen. Die Kosten der Erdbebensicherheits-Massnahmen wurden von Marchand+Partner ermittelt, die Kosten der Wiederherstellungs-Massnahmen vom Hochbauamt.

### 3 Ergebnisse der dritten Stufe

#### 3.1 Priorisierung der Massnahmen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der dritten Beurteilungsstufe (vertiefte rechnerische Überprüfung und Massnahmenplanung) nach Prioritäten geordnet und tabellarisch zusammengestellt. Massnahmen der Priorität A sind notwendig und nicht verschiebbar, solche der Priorität B sind notwendig und verschiebbar.

#### 3.2 Massnahmen zur Erfüllung der Minimalanforderungen (Priorität A)

Bei Gebäuden, welche die Minimalanforderungen gemäss SIA 2018 nicht erfüllen, müssen Massnahmen ergriffen werden (siehe 2.1). Solche Massnahmen zur Erfüllung der Minimalanforderungen werden in die Priorität A eingeteilt.

Tabelle 6: Massnahmen der Priorität A, zur Erfüllung der Minimalanforderungen, inkl. MWST

WE <sup>1)</sup>	Gebäude	RND <sup>2)</sup>	BWK <sup>3)</sup>	Erfüllungsfaktor <sup>4)</sup>	Kosten <sup>5)</sup>
1101.01	Haupttrakt – Kantonsschule Solothurn	50	II	0.15 → 0.25	810'000.-
1717.02	Schule für Pflegeberufe BZG, Trimbach/Olten	50	II	0.10 → 0.25	710'000.-
2110.06	Pavillon Süd (älterer Gebäudeteil) – Bürgerspital Solothurn	50	III	0.10 → 0.40	970'000.-
2110.09	Altes Hauptgebäude – Bürgerspital Solothurn	50	III	0.10 → 0.40	1'840'000.-
2714.02	Anbau – Klinik Allerheiligenberg	20	II	0.10 → 0.25	1'040'000.-
2911.01	Behandlungstrakt – Spital Dornach	20	III	0.18 → 0.40	130'000.-
2911.02	Bettentrakt – Spital Dornach	20	III	0.05 → 0.40	1'060'000.-
2911.06	Schwesternhaus – Spital Dornach	50	I	0.10 → 0.25	560'000.-
3903.01	Polizeiposten, Dornach	50	II	0.10 → 0.25	240'000.-
1102.04	Musik- und Turnhallentrakt – Pädagogische Hochschule Solothurn	50	II	0.10 → 0.25	80'000.-
1107.01	Hauptgebäude - GIBS Solothurn	50	II	0.10 < → 0.25	880'000.-
1712.01	KBS - BBZ Olten	50	II	0.10 → 0.25	350'000.-
4135.0	Röthhof Solothurn	20	I	0.10 < → 0.25	260'000.-
<b>Summe der A-Massnahmen im planbaren Unterhalt</b>					<b>8'930'000.-</b>
1710.0	Kantonsschule Olten	50	II	0.20 → 0.25	1'250'000.-
<b>Summe der A-Massnahmen in einer Baubotschaft</b>					<b>1'250'000.-</b>

1) Wirtschaftseinheit

2) Restnutzungsdauer

3) Bauwerksklasse (BWK III: höchste Anforderungen, BWK I: geringste Anforderungen), siehe 2.4

4) Ausgangswert → Minimalanforderung (abhängig von BWK)

5) Massnahmenkosten zuzüglich Kosten für Wiederherstellung, mit einer Genauigkeit von ± 25 %

### 3.3 Zusätzlich umzusetzende, verhältnismässige Massnahmen (Priorität B)

Bei Gebäuden, welche die Minimalanforderungen erfüllen, müssen gemäss SIA 2018 weitere risikoreduzierende Massnahmen ergriffen werden, wenn sie verhältnismässig sind (siehe 2.1). Massnahmen, welche das Kriterium der Verhältnismässigkeit erfüllen, werden in die Priorität B eingeteilt.

Tabelle 7: Verhältnismässige Massnahmen der Priorität B, inkl. MWST

WE <sup>1)</sup>	Gebäude	RND <sup>2)</sup>	BWK <sup>3)</sup>	Erfüllungsfaktor <sup>4)</sup>	Kosten <sup>5)</sup>
1101.01	Haupttrakt – Kantonsschule Solothurn	50	II	0.25 → 0.41	580'000.-
1717.02	Schule für Pflegeberufe BZG, Trimbach/Olten	50	II	0.25 → 0.30	70'000.-
<b>Summe der B-Massnahmen im planbaren Unterhalt</b>					<b>650'000.-</b>
1710.0	Kantonsschule Olten	50	II	0.25 → 0.50	920'000.-
<b>Summe der B-Massnahmen in einer Baubotschaft</b>					<b>920'000.-</b>

1) Wirtschaftseinheit

2) Restnutzungsdauer

3) Bauwerksklasse (BWK III: höchste Anforderungen, BWK I: geringste Anforderungen), siehe 2.4

4) Minimalanforderung (abhängig von BWK) → erhöht auf zulässigen Reduktionsfaktor resp. optimalen Erfüllungsfaktor (abhängig von BWK und Restnutzungsdauer)

5) Massnahmenkosten in Franken mit einer Genauigkeit von ± 25 % zuzüglich Kosten für Wiederherstellung

Technisch betrachtet, kann es sinnvoll sein, einzelne Massnahmen der Priorität B gleichzeitig mit den zugehörigen Massnahmen der Priorität A umzusetzen.

### 3.4 Zusammenfassung der Massnahmen-Kosten

Der Gebäudeversicherungswert aller Gebäude, bei welchen Massnahmen notwendig sind, beläuft sich auf 277 Mio. Franken. Demgegenüber stehen Massnahmen-Kosten in der Grössenordnung von 10.18 Mio. Franken (Priorität A) sowie 1.57 Mio. Franken (Priorität B). Insgesamt ergeben sich so – inkl. Wiederherstellung – Kosten für notwendige Massnahmen von 11.75 Mio. Franken.

Damit kosten die Massnahmen rund 4.3 % der wegen der neuen Erdbebennormen zu sanierenden Gebäudewerte (277 Mio. Franken), was im Quervergleich als günstig zu bezeichnen ist. Wollte man bei diesen Gebäuden (zusätzlich zu SIA-Merkblatt 2018) die Erdbebenanforderungen für Neubauten erfüllen, ergäben sich um ein Vielfaches höhere Massnahmenkosten.

Bezogen auf den gesamten Gebäudebestand des Kantons, mit einem Gebäudeversicherungswert von rund 1'450 Mio. Franken betragen die Massnahmen-Kosten lediglich 0.8 %, was in etwa dem durchschnittlichen Unterhaltsbedarf von ca. 5 Monaten entspricht.

Die Resultate für alle Gebäude sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Die Tabelle zeigt, dass die Kosten für die Wiederherstellung (Wiedernutzbarmachung) in etwa gleich gross sind, wie die baulichen Kosten der Massnahmen selbst.

Tabelle 8: Kosten der Massnahmen für die Erdbebensicherung (KE) und  
Kosten der Massnahmen für die Wiederherstellung (KW), inkl. MWST

Anlass	WE <sup>1)</sup>	Gebäude	Priorität A <sup>2)</sup>	Priorität B <sup>2)</sup>	Total
Dreistufiges Verfahren (9 Gebäude)	1101.01	Haupttrakt – Kantonsschule Solothurn	810'000.-	580'000.-	1'390'000.-
	1717.02	Schule für Pflegeberufe BZG, Trimbach/Olten	710'000.-	70'000.-	780'000.-
	2110.06	Pavillon Süd (älterer Gebäudeteil) – Bürgerspital Solothurn	970'000.-	-	970'000.-
	2110.09	Altes Hauptgebäude – Bürgerspital Solothurn	1'840'000.-	-	1'840'000.-
	2714.02	Anbau – Klinik Allerheiligenberg	1'040'000.-	-	1'040'000.-
	2911.01	Behandlungstrakt – Spital Dornach	130'000.-	-	130'000.-
	2911.02	Bettentrakt – Spital Dornach	1'060'000.-	-	1'060'000.-
	2911.06	Schwesternhaus – Spital Dornach	560'000.-	-	560'000.-
	3903.01	Polizeiposten Dornach	240'000.-	-	240'000.-
		<i>Zwischensumme</i>	<i>7'360'000.-</i>	<i>650'000.-</i>	<i>8'010'000.-</i>
Bereits geplante Vorhaben (4 Gebäude)	1102.04	Musik- und Turnhallentrakt – Pädagogische Hochschule Solothurn	80'000.-	-	80'000.-
	1107.01	Hauptgebäude – GIBS Solothurn	880'000.-	-	880'000.-
	1712.01	KBS - BBZ Olten	350'000.-	-	350'000.-
	4135	Rötihof Solothurn	260'000.-	-	260'000.-
		<i>Zwischensumme</i>	<i>1'570'000.-</i>	<i>-</i>	<i>1'570'000.-</i>
<b>Summe der Massnahmen im planbaren Unterhalt</b>			<b>8'930'000.-</b>	<b>650'000.-</b>	<b>9'580'000.-</b>
Botschaft (1 Gebäude)	1710.0	Kantonsschule Olten	1'250'000.-	920'000.-	2'170'000.-
<b>Summe der Massnahmen in einer Baubotschaft</b>			<b>1'250'000.-</b>	<b>920'000.-</b>	<b>2'170'000.-</b>
<b>Gesamttotal</b>					<b>11'750'000.-</b>

1) WE = Wirtschaftseinheit (Anlage)

2) Massnahmenkosten zuzüglich Kosten für Wiederherstellung, mit einer Genauigkeit von  $\pm 25\%$

## 4 Empfehlung

Eine ungenügende Erdbebensicherheit ist ein erheblicher Bauwerksmangel. Für eventuelle Schäden aus einem solchen Mangel haftet der Eigentümer. Der Eigentümer ist daher verpflichtet, die Bauten den Regeln der Technik entsprechend in Stand zu halten. Hinsichtlich Erdbeben werden die Regeln der Technik eingehalten, wenn die Vorgaben des Merkblatts SIA 2018 erfüllt werden. Über den Zeitpunkt der Umsetzung der gemäss SIA 2018 erforderlichen Erdbebenmassnahmen äussert sich der SIA nicht. Da aber der SIA in SIA 2018 mit dem sogenannten minimalen Reduktionsfaktor ein Sicherheitsniveau festlegt, das mindestens erreicht werden muss, ist davon auszugehen, dass die zur Erreichung dieses Sicherheitsniveaus erforderlichen Massnahmen innert nützlicher Frist umgesetzt werden sollten (Priorität A). Im Zusammenhang mit geplanten Sanierungen müssen aber auch die im Rahmen der Verhältnismässigkeit notwendigen weiteren Massnahmen (Priorität B) umgesetzt werden.

Es wird daher empfohlen, alle vorgeschlagenen Massnahmen der Prioritäten A und B innerhalb der nächsten 5 bis 6 Jahre umzusetzen.